

Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук

Baikal Museum of the Irkutsk Scientific Centre, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский музей
Иркутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук

Molchanov-Sibirsky Irkutsk Regional State Multipurpose Scientific Library
Иркутская областная государственная универсальная научная библиотека
имени И.И. Молчанова-Сибирского

6TH INTERNATIONAL VERESHCHAGIN BAIKAL CONFERENCE
ШЕСТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЕРЕЩАГИНСКАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

4TH BAIKAL SYMPOSIUM ON MICROBIOLOGY (BSM-2015)
MICROORGANISMS AND VIRUSES IN AQUATIC ECOSYSTEMS

4-Й БАЙКАЛЬСКИЙ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ
СИМПОЗИУМ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «МИКРООРГАНИЗМЫ И
ВИРУСЫ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ»

SEPTEMBER 7-12, 2015
7-12 СЕНТЯБРЯ, 2015

ABSTRACTS
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ И СТЕНДОВЫХ СООБЩЕНИЙ

IRKUTSK, 2015
ИРКУТСК, 2015

На базе Лимнологического института СО РАН при участии Байкальского музея ИНЦ СО РАН и Иркутской научной библиотеки им. И.И. Молчанова-Сибирского проводится международная конференция в память о выдающемся российском ученом Г.Ю. Верещагине, организаторе и руководителе комплексных широкомасштабных исследований озера Байкал. Конференция имеет богатую историю и проводится Лимнологическим институтом СО РАН с 1989 года каждые пять лет.

Верещагинские конференции являются крупнейшим мероприятием, посвященным изучению механизмов образования, биоразнообразия, эволюции озера Байкал, озер мира, других водоемов и водотоков суши методами смежных наук (в том числе гидробиологии, гидрологии, гидрохимии, физики, геологии, климатологии, биологии и т.д.). Такой комплексный и междисциплинарный подход к изучению природы водоемов как целого необходим для установления количественных закономерностей, процессов и явлений во взаимосвязи с окружающей средой, прогнозирования возможных изменений под влиянием естественных процессов и антропогенных воздействий, разработки методов физического, химического и биологического мониторинга, оценки влияния хозяйственной деятельности на объекты окружающей природной среды и научного обоснования мероприятий, необходимых для охраны Байкала и других озер мира, разработки рекомендаций по рациональному использованию ресурсов озер и водохранилищ.

Помимо секционных докладов в рамках Конференции будут представлены лекции ведущих ученых мира в рамках Международной научной школы для молодежи «Формирование, эволюция, биоразнообразие, современное состояние и прогноз развития водоемов и водотоков суши», а также «Молодежной школы для ученых-биологов». Целью Школ является развитие и совершенствование системы подготовки специалистов высшей квалификации в области биологических наук, биохимии, экологии и рационального природопользования, наук о Земле, привлечение молодежи к участию в научных междисциплинарных исследованиях в области экологии крупных водоемов и их бассейнов, развитие сотрудничества с российскими и зарубежными научными центрами и университетами. Впервые в рамках Конференции также пройдет Школьная секция для учащихся 6-11 классов, выполняющих научно-исследовательскую работу под руководством педагогов.

В рамках Конференции в 2015 году будет организован 4-й Байкальский Микробиологический Симпозиум с международным участием «Микроорганизмы и вирусы в водных экосистемах». Байкальские Микробиологические Симпозиумы проводятся на базе лаборатории водной микробиологии ЛИИ СО РАН с 2003 г. и являются крупнейшими научными мероприятиями в Российской Федерации. Цель 4-го БМС – информирование научного сообщества о достижениях, посвященных вопросам биоразнообразия, современного состояния, мониторинга водоемов и водотоков суши.

The 6th International Vereshchagin Baikal Conference is hosted by Limnological Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences together with the Baikal Museum of Irkutsk Scientific Centre SB RAS and Molchanov-Sibirsky Irkutsk Regional Multipurpose Scientific Library. This Conference is dedicated to the memory of Gleb Vereshchagin, an outstanding Russian scientist, who organised comprehensive large-scale studies at Lake Baikal. Every 5 years beginning from 1989, this Conference is held by Limnological Institute.

Vereshchagin conferences are major scientific events, which cover various aspects of research related to mechanisms of formation, biodiversity, evolution of Lake Baikal and other aquatic ecosystems of the world, using methods of interdisciplinary sciences (including hydrobiology, hydrology, hydrochemistry, physics, geology, climatology, biology, etc.). Such a comprehensive and interdisciplinary approach to studies of aquatic ecosystems helps find quantitative regularities, processes and phenomena occurring in the environment, forecast possible changes caused by natural processes and anthropogenic impact, as well as develop methods for physical, chemical and biological monitoring, evaluate the effect of economic activity on the environment and give scientific background for measures in protection of Lake Baikal and other lakes of the world.

International Scientific School for Young Researchers "Formation, Evolution, Biodiversity, Recent State and Forecast of Development of Aquatic Ecosystems" and "School for Young Researchers-Biologists" are held within the framework of the Conference. Leading scientists of the world have been invited to deliver lectures. The aims of these Schools are to develop and improve the system of preparation of highly qualified specialists in the sphere of biology, chemistry, ecology and rational land use, as well as to involve young researchers in scientific interdisciplinary studies of large water bodies and their basins, in development of cooperation between Russian and foreign scientific centres and universities. School Session is organised for the first time for students from 6-11 grades who are involved in scientific investigations under the leadership of supervisors.

The 4th Baikal Symposium on Microbiology (BSM-2015) "Microorganisms and Viruses in Aquatic Ecosystems" is held within the framework of the Conference. Since 2003, Baikal Symposia on Microbiology have been held at Limnological Institute SB RAS by Laboratory of Aquatic Microbiology. The aim of the BSM-2015 is to inform the scientists on achievements in investigations of biodiversity, current state and monitoring of aquatic ecosystems.

COMMITTEES

INTERNATIONAL STEERING COMMITTEE OF THE CONFERENCE:

Chairman – **Michael Grachev**, Member of the Russian Academy of Sciences, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Co-Chairman – **Lyubov Sukhanova**, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Alexander Alimov, St. Petersburg, Russia;
Dmitry Bogolyubov, Institute of Cytology RAS, St. Petersburg, Russia;
Richard Gordon, University of Manitoba, Winnipeg, Canada;
Ivana Karanovic, Hanyang University, Seoul, Korea;
Arkady Matveev, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia;
Hirotsugu Minami, Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan;
Marianne Moore, Wellesley College, Wellesley, Massachusetts, USA;
John Parkes, Cardiff University, Cardiff, UK;
Nikolay Pimenov, Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia;
Vera Slaveykova, University of Geneva, Geneva, Switzerland;
Nikolay Filatov, Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia;
Akihiro Hachikubo, Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan;
Hiroshi Hara, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan;
Ruprecht Jaenicke, Institute for Physics of the Atmosphere, University Mainz, Mainz, Germany.

INTERNATIONAL STEERING COMMITTEE OF THE SYMPOSIUM:

Chairman – **Valentin Drucker**, Academician of RAE, Prof., Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia;
Co-Chairman – **Tae-Seok Ahn**, Kangwon National University, Republic of Korea;
Lyubov Buzoleva, Far Eastern Federal University, Russia;
Yasunori Watanabe, Risho University, Japan;
Valery Gal'chenko, Corresponding member of RAS, Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Russia;
Valentina Drabkova, Institute of Limnology RAS, Russia;
Tamara Zemskaya, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia;
Lyubov Kondratyeva, Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Russia;
Jumaniyaz Kutliev, Microbiology Institute ASc RUz, Uzbekistan;
Bair Namsaraev, Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Russia
Galina Olejnik, Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Ukraine;
Valentina Parfenova, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia;
Vladimir Fialkov, Baikal Museum ISC SB RAS, Listvyanka, Russia.

LOCAL STEERING COMMITTEE:

Vadim Annenkov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Sergey Belikov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Olga Belykh, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Natalia Belkova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Olga Glyzina, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Alexander Gorshkov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Nikolay Granin, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Yelena Dzyuba, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Valentin Drucker, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Tamara Zemskaya, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Sergey Kirilchik, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Yelena Likhoshway, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Irina Marinayte, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Viktor Minaev, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Olga Pavlova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Valentina Parfenova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Olga Rusinek, Baikal Museum ISC SB RAS, Listvyanka, Russia;
Alexander Suturin, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Oleg Timoshkin, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Andrew Fedotov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Vladimir Fialkov, Baikal Museum ISC SB RAS, Listvyanka, Russia;
Oleg Khlystov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Tamara Khodzher, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Dmitry Sherbakov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia.

LOCAL ORGANIZING COMMITTEE:

Dmitry Babanin, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Maria Bashenkhaeva, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Yekaterina Bedoshvili, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Ekaterina Volkova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Alexay Gurulev, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Alexandra Zakharenko, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Julia Zvereva, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Julia Kaplyukova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Oleg Kotsar, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Olga Maikova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Elena Mamaeva, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Conference Secretariat - Yulia Sapozhnikova, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia;
Symposium Secretariat - Natalia Belkova, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia;
Svetlana Morenko, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Olga Medvezhonkova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Galina Nagornaya, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Nadezhda Potapskaya, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Yelena Sukhanova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Alexey Tutrin, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Ksenia Kharitonenko, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Svetlana Chernitsyna, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Yulia Shtukova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia;
Olga Shubenkova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia.

СВЕДЕНИЯ О СОСТАВЕ КОМИТЕТОВ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель - Грачев М.А., академик, и.о. директора ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Сопредседатель - Суханова Л.В., к.б.н., и.о. зам. директора ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Алимов А.Ф., академик, д.б.н., профессор, Санкт-Петербург, Россия;
Боголюбов Д.С., д.б.н., в.н.с. Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия;
Гордон Р., проф., Университет Манитобы, Виннипег, Канада;
Каранович И., проф., Университет Ханьян, Сеул, Южная Корея;
Матвеев А.Н., д.б.н., декан биолого-почвенного факультета ИГУ, Иркутск, Россия;
Минами Х., проф., Технологический институт Китами, Китами, Япония;
Мур М.В., проф., Отдел биологических наук колледжа Уэлсли, Уэлсли, Массачусетс, США;
Паркс Р.Дж., проф., Университет Кардиффа, Кардифф, Великобритания;
Пименов Н.В., д.б.н., зам. директора, Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского, Москва, Россия;
Славейкова В., проф., директор Института Ф.-Э. Форель, Университет Женевы, Женева, Швейцария;
Филатов Н.Н., член-корр., д.г.н., проф., Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия;
Хачикубо А., проф., Технологический институт Китами, Китами, Япония;
Хара Х., проф., Токийский университет сельского хозяйства и технологий, Токио, Япония
Янике Р., проф., Институт физики атмосферы, Университет Майнца, Майнц, Германия.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ СИМПОЗИУМА

Председатель - Дрюккер В.В., акад. РЭА, проф., Лимнологический институт СО РАН, Россия;
Сопредседатель - Ан Т.С., проф., Кангвонский Университет, Корея.
Бузолева Л.С., проф., Дальневосточный Федеральный Университет, Россия;
Ватанабе Я., проф., Токийский Университет, Япония;
Гальченко В.Ф., чл.-корр. РАН, проф., Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, Россия;
Драбкова В.Г., проф., Институт озероведения РАН, Россия;
Земская Т.И., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Кондратьева Л.М., проф., Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Россия;
Кутлиев Д., проф., Институт микробиологии АН РУз, Узбекистан;
Намсараев Б.Б., проф., Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Россия;
Олейник Г.Н., проф., Институт гидробиологии НАН У, Украина;
Парфенова В.В., к.б.н., доцент, ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Фиалков В.А., к.г.н., Байкальский музей ИНЦ СО РАН, Листвянка, Россия.

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Анненков В.В., д.х.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Беликов С.И., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Белых О.И., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Белькова Н.Л., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Глызина О.Ю., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Горшков А.Г., к.х.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Гранин Н.Г., к.г.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Дзюба Е.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Дрюккер В.В., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Земская Т.И., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Кирильчик С.В. к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Лихошвай Е.В., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Маринайте И.И., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Минаев В.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Павлова О.Н., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Парфенова В.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Русинек О.Т., д.б.н., Байкальский музей ИНЦ СО РАН, Листвянка, Россия;
Сутурин А.Н., к.г.-м.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Тимошкин О.А., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Федотов А.П., д.г.-м.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Фиалков В.А., к.г.н., Байкальский музей ИНЦ СО РАН, Листвянка, Россия;
Хлыстов О.М., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Ходжер Т.В., д.г.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Щербаков Д.Ю., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ

Бабанин Д.Г., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Башенхаева М.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Бедошвили Е.Д., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Волкова Е.А., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Галачьянц А.Д., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Гурулев А.А., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Захаренко А.С., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Зверева Ю.М., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Каплюкова Ю.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Коцарь О.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Ломакина А.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Майкова О.О., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Мамаева Е.В., н.с., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Моренко С.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Медвежонкова О.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Нагорная Г.И., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Потапская Н.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Суханова Е.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Тютрин А.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Харитоненко К.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Черницына С.М., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Штыкова Ю.Р., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия
Шубенкова О.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Секретарь Конференции - Сапожникова Ю.П., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Секретарь Симпозиума - Белькова Н.Л., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия

Sponsors При поддержке



Russian Foundation for Basic Research, grant
No. 15-04-20683 g
Российский фонд фундаментальных
исследований, грант №15-04-20683 г



ИРКУТСКЭНЕРГО
ЭНЕРГОУГОЛЬНАЯ КОМПАНИЯ

JSC *Irkutskenergo*
ОАО «Иркутскэнерго»

 **СибЛабСервис**

Siblabservice Ltd.
ООО «СибЛабСервис»



The administration of Irkutsk
Администрация г. Иркутска

ОТЕЛЬ
ИРКУТСК

Hotel *Irkutsk*
Гостиница «Иркутск»



Baikal Seal Aquarium
Nerpinarium Ltd.
ООО «Аквариум Байкальской нерпы»



БАЙКАЛ
PEARL
ПРИРОДНАЯ ВОДА ЖЕМЧУЖИНА БАЙКАЛА

Closed JSC *Irkutsk Mineral Water*
Bottling Plant
ЗАО «Иркутский завод розлива
минеральных вод»



МАИА АЕ *Palace of Art*, Irkutsk
МАОУ ДО «Дворец творчества», г.
Иркутск

ВОДА
Байкала

Baikal water Ltd.
ООО «Вода Байкала»

ИСТЛЭНД

Travel and recreation company *Eastland*
Туристическая компания «Истлэнд»

CONTENT
СОДЕРЖАНИЕ

PROCEEDINGS OF EDUCATIONAL SCHOOL
МАТЕРИАЛЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Jaenicke R. A PRIMARY BIOLOGICAL ATMOSPHERIC AEROSOLS	22
Bogolyubov D.S. ООСЫТЕ NUCLEAR STRUCTURES IN PRORHYNCHID TURBELLARIANS	22
Боголюбов Д.С. ЯДЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ ООЦИТОВ ТУРБЕЛЛЯРИЙ-ПРОРИНХИД.....	23
Drucker V.V. PHAGES OF LAKE BAIKAL: CURRENT SCIENTIFIC MYSTERY OF NANOWORLD.....	24
Дрюккер В.В. ФАГИ ОЗЕРА БАЙКАЛ – СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ ТАЙНА НАНОМИРА.....	25
Filatov N., Panin G., Diansky N., Ibraev R., Nazariova L., Golosov S., Viriuchalkina T. RESULTS OF MODELING AND EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF ECOSYSTEMS OF LARGE LAKES OF EURASIA	26
Gordon R. PROGRESS REPORT ON DIATOM BIOFUEL PRODUCING SOLAR PANNELS	27
Hachikubo A., Oota Y., Sakagami H., Minami H., Yamashita S., Takahashi N., Shoji H., Khlystov O., Kalmychkov G., De Batist M. REGIONAL CHARACTERISTICS OF HYDRATE-BOUND HYDROCARBONS IN LAKE BAIKAL	28
Khodzher T.V. PRESENT-DAY CHEMICAL COMPOSITION OF HABITATS FOR BAIKAL ORGANISMS.....	29
Ходжер Т.В. СОВРЕМЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ БАЙКАЛЬСКИХ ОРГАНИЗМОВ	29
Lyakh A.M., Lelekov S.G. TAXONOMIC KEYS: FROM DICHOTOMOUS KEYS TO ADAPTIVE EXPERT SYSTEMS	29
Лях А.М., Лелеков С.Г. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ: ОТ ДИХОТОМИЧЕСКИХ КЛЮЧЕЙ К АДАПТИВНЫМ ЭКСПЕРТНЫМ СИСТЕМАМ	30
Michel E., Todd J.A., Soreghan M.J. THE SHELL BEDS OF LAKE TANGANYIKA: PALAEOECOLOGY, ENVIRONMENTAL CHANGE AND LIVING SYSTEMS	30
Minami H., Hachikubo A., Yamashita S., Sakagami H., Kasashima R., Oshikiri N., Takahashi N., Shoji H., Khlystov O., Pogodaeva T., Khabuev A., Belousov O., Naudts L., De Batist M., Grachev M. CHEMICAL ANALYSIS OF PORE WATERS FROM GAS HYDRATE-BEARING SEDIMENT CORES RETRIEVED AT THE KUKUY CANYON MUD VOLCANOES AND THE OTHER SEEP SITES IN LAKE BAIKAL	31
Pimenov N.V. ANAEROBIC METHANE OXIDATION IN FRESHWATER ECOSYSTEMS	32
Пименов Н.В. АНАЭРОБНОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕТАНА В ПРЕСНЫХ ВОДОЕМАХ.....	32
Saito T., Prozorova L., Kameda Yu., Morii Yu., Fukuda H., Chiba S. A MOLECULAR PHYLOGENY OF PLANORBIDAE (GASTROPODA, PULMONATA) IN FAR EAST	33
Shimaraev M.N., Sinyukovich V.N., Sizova L.N., Kuimova L.N., Troitskaya E.S. CHANGES OF ICE THERMAL AND WATER REGIME OF LAKE BAIKAL IN 1950-2014.....	34
Шимараев М.Н., Синюкович В.Н., Сизова Л.Н., Куимова Л.Н., Троицкая Е.С. ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДОВО-ТЕРМИЧЕСКОГО И ВОДНОГО РЕЖИМА ОЗЕРА БАЙКАЛ В 1950-2014 ГГ.	34
Sinyukovich V.N., Kurbatova N.N., Chernyshov M.S. RECONSTRUCTION OF LAKE BAIKAL LEVEL AFTER REGULATION AND OPTIMAL REGIME FOR USE OF ITS WATER RESOURCES	35
Синюкович В.Н., Курбатова Н.Н., Чернышов М.С. РЕКОНСТРУКЦИЯ УРОВНЯ ОЗ. БАЙКАЛ ПОСЛЕ ЗАРЕГУЛИРОВАНИЯ И ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	35
Sitnikova T.Ya., Pogodaeva T.V., Khlystov O.M., Kalmychkov G.V., Mekhanikova I.V., Zemskaya T.I. BENTHIC COMMUNITIES OF THE DEEP ZONE OF LAKE BAIKAL: STRUCTURE AND FUNCTIONING.....	36
Ситникова Т.Я., Погодаева Т.В., Хлыстов О.М., Калмычков Г.В., Механикова И.В., Земская Т.И. БЕНТОСНЫЕ СООБЩЕСТВА ГЛУБОКОВОДНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ: СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ	37
Timoshkin O.A., Malnik V.V., Sakirko M.V., Bondarenko N.A., Rozhkova N.A., Sheveleva N.G., Volkova E.A., Nepokrytykh A.V., Zaitseva E.P., Medvezhonkova O.V., Likhnev A.G., Zvereva Yu.M., Poberezhnaya A.E., Shirokaya A.A., Potapskaya N.V., Tomberg I.V., Domysheva V.M., Timoshkina E.M., Kupchinsky A.B. ECOLOGICAL CRISIS IN THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL.....	37
Тимошкин О.А., Мальник В.В., Сакирко М.В., Бондаренко Н.А., Рожкова Н.А., Шевелева Н.Г., Волкова Е.А., Непокрытых А.В., Зайцева Е.П., Медвежонкова О.В., Лухнев А.Г., Зверева Ю.М., Побережная А.Е., Широкая А.А., Потапская Н.В., Томберг И.В., Домышева В.М., Тимошкина Е.М., Купчинский А.Б.	40
Широкая А.А., Потапская Н.В., Томберг И.В., Домышева В.М., Тимошкина Е.М., Купчинский А.Б. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ	40
Todd J.A., Burgon J.D., Michel E. UNEXPECTEDLY HIGH SPECIES DIVERSITY REVEALED IN AN ENDEMIC GASTROPOD GENUS (PARAMELANIA) FROM LAKE TANGANYIKA: THE COMPLEMENTARY ROLE OF OLD AND NEW COLLECTIONS	42
Usoltseva M.V., Rasskazov S.V., Titova L.A., Vershinin K.E., Chuvashova I.S., Fedotov A.P. FRESHWATER FOSSIL DIATOMS OF THE BAIKAL REGION	43

Усольцева М.В., Рассказов С.В., Титова Л.А., Вершинин К.Е., Чувашова И.С., Федотов А.П. ИСКОПАЕМЫЕ ПРЭСНОВОДНЫЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА	44
Wanzenböck J. THE SIGNIFICANCE OF LARVAL FISH SURVEYS IN PREDICTING YEAR CLASS STRENGTH IN WHITEFISH (COREGONUS LAVARETUS L.) DOMINATED LAKES	45
Williams D.M. DIATOM ENDEMISM, LAKE BAIKAL AND THE PACIFIC: WHAT CAN BE FOUND IN MUSEUM COLLECTIONS	45
Zemskaya T.I., Lomakina A.V., Mamaeva E.V., Chernitsyna S.M., Shubenkova O.V., Zakharenko A.S., Galachyants Yu.P., Likhoshvay A.V., Pavlova O.V., Bukin S.V., Khanaeva T.A., Morozov I.V., Miller B. BENTHIC MICROBIAL COMMUNITIES AS NATURAL FILTERS OF LAKE BAIKAL	45
Земская Т.И., Ломакина А.В., Мамаева Е.В., Черницына С.М., Шубенкова О.В., Захаренко А.С., Галачянц Ю.П., Лихошвай А.В., Павлова О.В., Букин С.В., Ханаева Т.А., Морозов И.В., Миллер Б. БЕНТОСНЫЕ МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА КАК ЕСТЕСТВЕННЫЕ БИОФИЛЬТРЫ БАЙКАЛА.....	46

SESSION AND POSTER PRESENTATIONS СЕКЦИОННЫЕ И ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Adamovich B.V., Zhukova T.V. LONG-TERM DYNAMICS AND MAIN FACTORS OF ECOSYSTEM'S EVOLUTION OF NAROSH LAKES (BELARUS).....	47
Адамович Б.В., Жукова Т.В. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА И ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ ЭКОСИСТЕМЫ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР (БЕЛАРУСЬ).....	48
Alexandrov Z.V., Ermakova Y.S. EVALUATION OF THE CONTENT OF MINERAL NITROGEN IN THE AZOV SEA IN 2014.....	49
Александрова З.В., Ермакова Я.С. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В АЗОВСКОМ МОРЕ В 2014 ГОДУ.....	49
Axenov-Gribanov D., Rebets Y., Tokovenko B., Voytsekhovskaya I., Protasov E., Timofeyev M., Luzhetskyy A. ACTINOBACTERIA ISOLATED FROM DOMINANT BAIKAL MACROINVERTEBRATES AS A SOURCE OF NOVEL BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS.....	50
Vazhenova O.P. CHANGE IN PHYTOPLANKTON OF LAKE LENEVO (OMSK REGION) UNDER RECREATION EFFECT.....	51
Баженова О.П. ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА ЛЕНЕВО (ОМСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕКРЕАЦИИ.....	52
Basharina T.N., Glyzina O.Yu., Bazarsadueva S.V., Glyzin A.V., Itskovich V.B., Radnaeva L.D. ON THE STUDY OF LIPIDS ROLE IN THE DEVELOPMENT OF RESPONSES OF SPONGES COMMUNITIES TO EXTERNAL IMPACT.....	53
Башарина Т.Н., Глызина О.Ю., Базарсадуева С.В., Глызин А.В., Ицкович В.Б., Раднаева Л.Д. К ИЗУЧЕНИЮ РОЛИ ЛИПИДОВ В РАЗВИТИИ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ СООБЩЕСТВА ГУБОК НА ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ	54
Bedoshvili Ye.D., Haritonenko K.V. COLCHICINE INFLUENCE ON THE VALVE MORPHOGENESIS OF AULACOSEIRA ISLANDICA (O. MÜLLER) SIMONSEN.....	54
Бедошвили Е.Д., Харитоненко К.В. ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРА МИКРОТРУБОЧЕК КОЛХИЦИНА НА МОРФОГЕНЕЗ СТОРКИ AULACOSEIRA ISLANDICA (O. MÜLLER) SIMONSEN	55
Belyaeva E., Yershova O., Bairova T., Kaljuzhnaja O. PREVALENCE OF GENE POLYMORPHISM OF GLUTATHIONE-S-TRANSFERASES IN ETHNIC GROUPS LIVING IN THE EASTERN SIBERIA	56
Беляева Е.В., Ершова О.А., Байрова Т.А., Калюжная О.В. РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ПОЛИМОРФИЗМОВ ГЕНОВ ГЛУТАТИОН-S-ТРАНСФЕРАЗ В ЭТНИЧЕСКИХ ГРУППАХ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ.....	56
Berdasova A.S., Buzoleva L.S., Bogatyrenko E.A. RESEARCH FORMATION OF BIOFILM LISTERIA MONOCYTOGENES AND ASSOCIATED SAPROTROPHIC BACTERIA ISOLATED FROM FOOD items	57
Бердасова А.С., Бузолева Л.С., Богатыренко Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИОПЛЕНКООБРАЗОВАНИЯ LISTERIA MONOCYTOGENES И АССОЦИИРОВАННЫХ С НИМИ САПРОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ.....	58
Bessudova A.Yu., Sorokovikova L.M., Firsova A.D., Tomberg I.V. WATER QUALITY IN THE LOWER PART OF THE YENISEY RIVER	58
Бессудова А.Ю., Сороковикова Л.М., Фирсова А.Д., Томберг И.В. КАЧЕСТВО ВОД НИЖНЕГО УЧАСТКА РЕКИ ЕНИСЕЙ.....	59
Blokhina N.S. THE INFLUENCE OF WIND AND DEPTH OF THE RESERVOIR ON THE FORMATION OF THE CURRENTS AND SPRING THERMAL BAR IN A RESERVOIR, PARTIALLY COVERED WITH ICE	60
Блохина Н.С. ВЛИЯНИЕ ВЕТРА И ГЛУБИНЫ ВОДОЕМА НА ФОРМИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ И ВЕСЕННЕГО ТЕРМОБАРА В ВОДОЕМАХ, ЧАСТИЧНО ПОКРЫТЫХ ЛЬДОМ.....	61

Blokhina N.S. THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY OF THE AIR ON THE DEVELOPMENT OF A SPRING THERMAL BAR AND ENERGY EXCHANGE BETWEEN A RESERVOIR AND ATMOSPHERE AT NIGHT.....	61
Блохина Н.С. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА РАЗВИТИЕ ВЕСЕННЕГО ТЕРМОБАРА И ЭНЕРГООБМЕН МЕЖДУ ВОДОЕМОМ И АТМОСФЕРОЙ В НОЧНОЕ ВРЕМЯ.....	62
Bogdanov V.E. BAYKAL COTTOID FISHES: BIODIVERSITY, SPECIATION, SYSTEMATICS.....	62
Богданов В.Э. БАЙКАЛЬСКИЕ КОТТОИДНЫЕ РЫБЫ: БИОРАЗНООБРАЗИЕ, ВИДООБРАЗОВАНИЕ, СИСТЕМАТИКА.....	63
Bolobanshikova G.N., Rogozin D.Yu., Firsova A.D., Rodionova E.V., Degermendzhy N.N., Shabanov A.V. ANALYSIS OF DIATOM ALGAE FROM THE WATER COLUMN AND BOTTOM SEDIMENTS OF SHIRA LAKE (KNAKASSIA, RUSSIA).....	64
Болобанщикова Г.Н., Рогозин Д.Ю., Фирсова А.Д., Родионова Е.В., Дегерменджи Н.Н., Шабанов А.В. АНАЛИЗ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ВОДНОЙ ТОЛЩИ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ШИРА (ХАКАСИЯ, РОССИЯ).....	64
Bondarenko N.A., Obolkina L.A. SPECIFIC CHARACTERISTICS OF CURRENT STRUCTURE OF MICROPLANKTON IN LAKE BAIKAL.....	64
Бондаренко Н.А., Оболкина Л.А. ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ МИКРОПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ.....	65
Bryukhanov A.L., Pimenov N.V., Dolla A. ADAPTATION MECHANISMS OF ANAEROBIC SULFATE-REDUCING BACTERIA TO LIFE IN OXYGEN-CONTAINING WATER ECOSYSTEMS.....	66
Брюханов А.Л., Пименов Н.В., Долла А. МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ АНАЭРОБНЫХ СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ К СУЩЕСТВОВАНИЮ В КИСЛОРОД-СОДЕРЖАЩИХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ.....	67
Bukin S.V., Pavlova O.N., Kalmychkov G.V., Ivanov V.G., Nachikubo A., Khabuev A.V., Morozov I.V., Zemskaya T.I. METHANOGENESIS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL WITH DIFFERENT GEOCHEMICAL CONDITIONS.....	68
Букин С.В., Павлова О.Н., Калмычков Г.В., Иванов В.Г., Хачикубо А., Хабуев А.В., Морозов И.В., Земская Т.И. ПРОЦЕССЫ МЕТАНГЕНЕРАЦИИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗ. БАЙКАЛ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ГЕОХИМИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ.....	69
Butina T.V., Bukin Yu.S., Kabilov M.R., Tupikin A.Ye., Potapov S.A., Belykh O.I., Belikov S.I. METAGENOMIC ANALYSIS OF VIRAL COMMUNITIES IN LAKE BAIKAL.....	69
Бутина Т.В., Букин Ю.С., Кабилов М.Р., Тупикин А.Е., Потапов С.А., Белых О.И., Беликов С.И. МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ВИРУСНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....	70
Chernitsina S.M., Hal'zov I.A., Khanaeva T.A., Klimenkov I.V., Zemskaya T.I. INVESTIGATION OF THE MICROBIAL COMMUNITY ASSOCIATED WITH THE COLOURLESS SULFUR BACTERIA THIOPLOCA FROM LAKE BAIKAL.....	71
Черницына С.М., Хальзов И.А., Ханаева Т.А., Клименков И.В., Земская Т.И. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА, АССОЦИИРОВАННОГО С БЕСЦВЕТНОЙ СЕРНОЙ БАКТЕРЕЙ THIOPLOCA SP. ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....	71
Chernyshov M.S., Sinyukovich V.N. CALCULATED HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF MAIN TRIBUTARIES OF LAKE BAIKAL UNDER MODERN CONDITIONS.....	72
Чернышов М.С., Синокович В.Н. РАСЧЕТНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ ПРИТОКОВ ОЗ. БАЙКАЛ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	73
Chmarkova G.M., Gaydenok N.D. POPULATION CONTINUUM YENISEI STURGEON AND GEOLOGICAL GENESIS OF RACE FORMATION.....	73
Чмаркова Г.М., Гайденок Н.Д. ПОПУЛЯЦИОННЫЙ КОНТИНУУМ ОСЕТРА ЕНИСЕЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ГЕНЕЗИС РАСООБРАЗОВАНИЯ.....	74
Chumakov V.F., Gaydenok N.D. TO A QUESTION ON THE FORMALIZATION OF DIMORPHISM BREAM KRASNOYARSK RESERVOIR.....	75
Чумаков В.Ф., Гайденок Н.Д. К ВОПРОСУ О ФОРМАЛИЗАЦИИ ДИМОРФИЗМА ЛЕЩА КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	76
Chupakov A.V., Shirokova L.S., Pokrovsky O.S. DISSOLVED ORGANIC CARBON IN CONTRASTING STRATIFIED LAKES OF NORTHERN TAIGA (ARKHANGELSK REGION).....	77
Чупаков А.В., Широкова Л.С., Покровский О.С. РАСТВОРЕННЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД В КОНТРАСТНЫХ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ОЗЕРАХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	77

Dagurova O.P., Zaitseva S.V., Garankina V.P., Belkova N.L., Dambaev V.B., Namsaraev B.B. BACTERIOPLANKTON OF THE EASTERN COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL	78
Дагурова О.П., Зайцева С.В., Гаранкина В.П., Белькова Н.Л., Дамбаев В.Б., Намсараев Б.Б. ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БАКТЕРИОПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....	79
Domysheva V.M., Sakirko M.V., Usoltseva M.V., Panchenko M.V., Pestunov D.A. DYNAMICS OF NUTRIENTS IN THE LITTORAL AREA OF SOUTHERN BAIKAL IN 2014.....	80
Домышева В.М., Сакирко М.В., Усольцева М.В., Панченко М.В., Пестунов Д.А. ДИНАМИКА БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ ЛИТОРАЛИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА В 2014 Г.....	80
Fedorov Yu.A., Garkusha D.N., Tambieva N.S. DISTRIBUTION OF METHANE CONCENTRATION IN THE LAKE BAIKAL IN MODERN TIMES	81
Фёдоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Тамбиева Н.С. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕТАНА В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД.....	82
Fedorov Yu.A., Garkusha D.N., Dotsenko I.V., Afanasiev K.A. METHANE IN SEDIMENTS AQUATIC ECOSYSTEMS WITH HIGH CONTENT SULFIDES.....	83
Фёдоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Доценко И.В., Афанасьев К.А. МЕТАН В ДОННЫХ ОСАДКАХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ СУЛЬФИДОВ.....	84
Fedorova G.A., Sukhanova Ye.V., Zimens Ye.A., Shishlyannikova T.A., Molozhnikov V.N., Parfenova V.V. PRIMARY SCREENING OF PRE-BAIKALIAN MEDICINAL PLANTS FOR PRESENCE OF ANTIBIOTIC ACTIVITY	85
Федорова Г.А., Суханова Е.В., Зименс Е.А., Шишлянникова Т.А., Моложников В.Н., Парфенова В.В. ПЕРВИЧНЫЙ СКРИНИНГ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРИБАЙКАЛЬЯ НА НАЛИЧИЕ АНТИБИОТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ	86
Filatov N., Panin G., Diansky N., Ibraev R., Nazariova L., Golosov S., T.Viriuchalkina RESULTS OF MODELING AND EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF ECOSYSTEMS OF LARGE LAKES OF EURASIA	87
Филатов Н.Н., Панин Г.Н., Дианский Н.А., Ибраев Р.А., Выручалкина Т.Ю., Голосов С.Д., Назарова Л.Е. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ КРУПНЕЙШИХ ОЗЕР ЕВРАЗИИ	87
Galachyants A.D., Belkova N.L., Sukhanova E.V., Parfenova V.V. METAGENOMIC ANALYSIS OF BACTERIONEUSTONIC COMMUNITIES OF LAKE BAIKAL	88
Галачьянц А.Д., Белькова Н.Л., Суханова Е.В., Парфенова В.В. МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ БАКТЕРИОНЕЙСТОННЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА БАЙКАЛ	89
Gaydenok N.D. THE PHENOMENOLOGICAL NATURE OF THE CYCLES OF FEEDING, SPAWNING MIGRATIONS SEMI-ANADROMOUS FISH FAUNA ENISEYSKOY	90
Гайденок Н.Д. ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ЦИКЛОВ НАГУЛЬНО-НЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ ПОЛУПРОХОДНОЙ ЕНИСЕЙСКОЙ ИХТИОФАУНЫ	91
Gaydenok N.D., Zadelenov V.A. ON THE ISSUE OF RACE YENISEI FISH FAUNA	91
Гайденок Н.Д., Заделенов В.А. К ВОПРОСУ О РАСАХ ЕНИСЕЙСКОЙ ИХТИОФАУНЫ	92
Gaydenok N.D., Perezhilin A.I. RADICAL CHANGES IN THE ECOLOGY OF THE UPPER STREAM YENISEI AS A RESULT OF HYDRAULIC ENGINEERING	93
Гайденок Н.Д., Пережилин А.И. РАДИКАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИИ ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ ЕНИСЕЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ГИДРОСТРОИТЕЛЬСТВА	95
Golobokova L.P., Polkin V.V., Onishchuk N.A., Khuriganova O.I. DRY ATMOSPHERIC DEPOSITION IN THE TRANSITION ZONE "CONTINENT-OCEAN" IN EAST ANTARCTIC	95
Голобокова Л.П., Полькин В.В., Онищук Н.А., Хуриганова О.И. СУХИЕ АТМОСФЕРНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ «МАТЕРИК-ОКЕАН» В РАЙОНЕ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ.....	96
Grigoriev V.A., Maksimov F.E., Nikitin M.Yu., Kuznetsov V.Yu., Levchenko S.B., Petrov A.Yu., Tabuns E.V., Kuksa K.A. GEOCHRONOLOGY OF THE PUDOST' PALEOLAKE WATER REGIME (THE IZHORA PLATEAU, LENINGRAD PROVINCE) ON THE BASE OF RADIOISOTOPE STUDY OF IZHORA CARBONATE FORMATIONS	98
Григорьев В.А., Максимов Ф.Е., Никитин М.Ю., Левченко С.Б., Петров А.Ю., Табунс Э.В., Кукса К.А. ГЕОХРОНОЛОГИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПУДОСТСКОГО ПАЛЕООЗЕРА (ИЖОРСКОЕ ПЛАТО, ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПО ДАННЫМ РАДИОИЗОТОПНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИЖОРСКИХ КАРБОНАТНЫХ ФОРМАЦИЙ.....	99
Gulin S.B., Egorov V.N., Artemov Yu.G., Malakhova T.V. ENVIRONMENTAL ROLE OF METHANE SEEPS IN THE BLACK SEA	100
Гулин С.Б., Егоров В.Н., Артемов Ю.Г., Малахова Т.В. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ МЕТАНОВЫХ СИПОВ В ЧЕРНОМ МОРЕ.....	101

Gurkov A.N., Fernández Casas I., Takhteev V.V., Vereshchagina K.P., Madyarova E.V., Luckenbach T. POPULATION STRUCTURE OF ENDEMIC BAIKALIAN AMPHIPODS EULIMNOGAMMARUS VERRUCOSUS AND E. CYANEUS AND PALEARCTIC GAMMAUS LACUSTRIS ALONG THE WEST COAST OF LAKE BAIKAL	102
Гурков А.Н., Фернандес-Касас И., Тахтеев В.В., Верещагина К.П., Мадьярова Е.В., Люкенбах Т. ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЭНДЕМИЧНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ВИДОВ АМФИПОД EULIMNOGAMMARUS VERRUCOSUS И E. CYANEUS И ПАЛЕАРКТИЧЕСКОГО GAMMARUS LACUSTRIS ВДОЛЬ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ	103
Nachikubo A., Oota Y., Shimizu Y., Takeya S., Sakagami H., Minami H., Yamashita S., Takahashi N., Shoji H., Khlystov O., De Batist M. EFFECT OF WATER DEPTH ON HYDRATION NUMBER OF METHANE HYDRATE	103
Inomata Y., Yamashita N., Saito T., Ohizumi T., Sase H., Takahashi K., Kaneyasu Y., Funaki D., Iwasaki A., Nakagomi K., Shiroma T., Yamaguchi T. ESTIMATE OF ANTHROPOGENIC SULFUR DEPOSITION IN JAPAN BY USING SULFUR ISOTOPIC RATIO	104
Itskovich V.B. INTRASPECIFIC AND INTERSPECIFIC SEQUENCE VARIABILITY IN ITS rDNA REGION OF FRESHWATER SPONGES OF LAKE BAIKAL.....	105
Ицкович В.Б. ВНУТРИВИДОВАЯ И МЕЖВИДОВАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ITS СПЕЙСЕРНОГО РЕГИОНА рДНК ПРЕСНОВОДНЫХ ГУБОК ОЗЕРА БАЙКАЛ	105
Itskovich V.B., Shigarova A.M., Glyzina O.Y., Kaluzhnaya O.V., Borovskii G.B. HEAT SHOCK PROTEIN (HSP70) EXPRESSION IN BAIKAL ENDEMIC SPONGE LUBOMIRSKIA BAICALENSIS EXPOSED TO ELEVATED TEMPERATURES	106
Ицкович В.Б., Шигарова А.М., Глызина О.Ю., Калужная О.В., Боровский Г.Б. ЭКСПРЕССИЯ БТШ70 У БАЙКАЛЬСКОЙ ЭНДЕМИЧНОЙ ГУБКИ LUBOMIRSKIA BAICALENSIS ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР.....	106
Ivanova I.N., Samolyubov B.I. COASTAL UPWELLING AND LARGE-SCALE INTERNAL WAVES IN LAKE LADOGA	107
Иванова И.Н., Самолубов Б.И. ПРИБРЕЖНЫЙ АПВЕЛЛИНГ И КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ВНУТРЕННИЕ ВОЛНЫ В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ.....	108
Ivanov V.G., Sherstyankin P.P. ABOUT THERMAL BAR IN BARGUZIN BAY	108
Иванов В.Г., Шерстянкин П.П. О ТЕРМИЧЕСКОМ БАРЕ В БАРГУЗИНСКОМ ЗАЛИВЕ	109
Ivanov V.G., Sherstyankin P.P., Sinyukovich V.N. ABOUT SPRING AND AUTUMN THERMAL BARS AT THE SELENGA SHALLOW WATER OF LAKE BAIKAL	109
Иванов В.Г., Шерстянкин П.П., Синюкович В.Н. О ВЕСЕННЕМ И ОСЕННЕМ ТЕРМОБАРАХ НА СЕЛЕНГИНСКОМ МЕЛКОВОДЬЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ (В 2004 г.)	110
Kaluzhnaya O.V. COMPOSITION AND DIVERSITY OF BAIKALIAN SPONGE MICROBIAL COMMUNITIES	111
Калужная О.В. ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И РАЗНООБРАЗИЯ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК	112
Kamaltynov R.M. EVOLUTION OF BAIKAL AMPHIPODS AFFECTED BY CLIMATE OSCILLATIONS AND DEVELOPMENT OF THE BAIKAL RIFT.....	113
Камалтынов Р.М. ЭВОЛЮЦИЯ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОСЦИЛЛЯЦИЙ КЛИМАТА И РАЗВИТИЯ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА.....	114
Kasashima R., Minami H., Nachikubo A., Yamashita S., Sakagami H., Oshikiri N., Sasaki K., Takahashi N., Shoji H., Khlystov O., Pogodaeva T., Khabuev A., Belousov O., Naudts L., De Batist M., Grachev M. SUBSURFACE SEDIMENT PORE WATERS CONTAINING HIGH CONCENTRATION OF IONS AT THE KUKUY CANYON IN LAKE BAIKAL	114
Khabuev A.V., Khlystov O.M., Belousov O.V., Chenskiy D.A., Soloviova M.A., Akhmanov G.G., Minami H., Nachikubo A., Sakagami H., Yamashita S. GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF SEEP “KRASNY YAR” (SOUTH LAKE BAIKAL).....	115
Хабуев А.В., Хлыстов О.М., Белоусов О.В., Ченский Д.А., Соловьева М.А., Ахманов Г.Г., Минами Х., Хачикубо А., Сакагами Х., Ямашита С. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИПА «КРАСНЫЙ ЯР» (ЮЖНАЯ КОТЛОВИНА ОЗЕРА БАЙКАЛ)	115
Khlystov O.M., Khabuev A.V., Belousov O.V., Minami H., Nachikubo A., Sakagami H., Yamashita S., Vorobyova S.S., Kalmychkov G.V., De Batist M., Naudts L. GEOLOGICAL CHARACTERIZATION OF HYDRATE-BEARING STRUCTURES FROM THE ACCOMMODATION ZONE OF LAKE BAIKAL (AKADEMICHESKY RIDGE)	116
Хлыстов О.М., Хабуев А.В., Белоусов О.В., Минами Х., Хачикубо А., Сакагами Х., Ямашита С., Воробьева С.С., Калмычков Г.В., Де Батист М., Наудс Л. ГЕОЛОГИЯ ГИДРАТОНОСТНЫХ СТРУКТУР АККОМОДАЦИОННОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ (АКАДЕМИЧЕСКИЙ ХРЕБЕТ)	117
Khuriganova O.I., Obolkin V.A., Potemkin V.L., Golobokova L.P., Khodzher T.V. SPATIAL AND TIME VARIABILITY OF OZONE IN ATMOSPHERE RECORDED AT MONITORING STATIONS IN THE BAIKAL REGION	117

Хуриганова О.И., Обошкин В.А., Потемкин В.Л., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОЗОНА В АТМОСФЕРЕ СТАНЦИЙ МОНИТОРИНГА БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА.....	117
Kim A.V., Dolmatova E.S., Eskova A.I., Buzoleva L.S., Golozubova Y.S. MICROBIAL METHODS FOR ESTIMATION THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF WATER.....	119
Ким А.В., Долматова Е.С., Еськова А.И., Бузолева Л.С., Голозубова Ю.С. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ	121
Kovalenkova M.V., Sitnikova T.Y., Sherbakov D.Y. PHYLOGENETIC POSITION OF A NEW SPECIES OF PROSOBRANCHIAN MOLLUSKS BAICALIIDEA (LITTORINIMORPHA, RISSOOIDEA)	121
Коваленкова М.В., Ситникова Т.Я., Щербаков Д.Ю. ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ НОВОГО ВИДА ПЕРЕДНЕЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ СЕМЕЙСТВА BAICALIIDEA (LITTORINIMORPHA, RISSOOIDEA)...	122
Kruglyakova R., Kurilov P, Terenozhkin A. ECOLOGICAL CONDITION OF FRESH-WATER ESTUARIES OF PLAVNEVY SYSTEM OF THE DELTA OF THE KUBAN RIVER.....	123
Круглякова Р.П., Курилов П.И., Тереножкин А.М. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРЭСНОВОДНЫХ ЛИМАНОВ ПЛАВНЕВОЙ СИСТЕМЫ ДЕЛЬТЫ РЕКИ КУБАНИ.....	124
Kruglyakova R., Shevtsova N. EMISSIONS OF METHANE IN COASTAL WATERS OF THE SHELF OF THE LAPTEV SEA.....	124
Круглякова Р.П., Шевцова Н.Т. ЭМИССИЯ МЕТАНА В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ШЕЛЬФА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ	125
Krylov A.A., Khlystov O.M., Sakagami H., Nachikubo A., Minami H., Zemskaya T.I., Pogodaeva T.V., Logvina E.A., Semenov P.B., Kalmychkov G.V. AUTHIGENIC CARBONATES IN THE GAS-HYDRATES STRUCTURES OF THE LAKE BAIKAL: DISTRIBUTION AND MECHANISMS OF CRYSTALLIZATION.....	126
Крылов А.А., Хлыстов О.М., Сакагами Х., Хачикубо А., Минами Х., Земская Т.И., Погодаева Т.В., Логвина Е.А., Семенов П.Б., Калмычков Г.В. АУТИГЕННЫЕ КАРБОНАТЫ ГАЗОГИДРАТНОСНЫХ СТРУКТУР ОЗЕРА БАЙКАЛ: РАСПРОСТРАНЕНИЕ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ.....	127
Kuimova L.N., Yakimova N.I., Sherstyankin P.P. TRANDS IN CLIMATE CHANGES OF TEMPERATURE AND ICE REGIME OF LAKE BAIKAL AND ARCTIC ACCORDING TO OBSERVATION DATA.....	128
Куимова Л.Н., Якимова Н.И., Шерстянкин П.П. ТЕНДЕЦИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО И ЛЕДОВОГО РЕЖИМА ОЗЕРА БАЙКАЛ И АРКТИКИ ПО НАБЛЮДЕННЫМ ДАННЫМ.....	128
Lomakina A.V., Mamaeva E.V., Pogodaeva T.V., Zemskaya T.I. DIVERSITY REPRESENTATIVES OF THE PHYLUM PLANCTOMYCETES IN DEEP SEDIMENTS OF SITES OF GAS AND OIL CONTAINING MINERALIZED FLUIDS IN LAKE BAIKAL.....	129
Ломакина А.В., Мамаева Е.В., Погодаева Т.В., Земская Т.И. РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ФИЛУМА PLANCTOMYCETES В ОСАДКАХ РАЙОНОВ РАЗГРУЗКИ ГАЗО-НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ	130
Lubyaga J.A., Lavrova M.S., Orlova E.A., Madyarova E.V., Axenov-Gribanov D.V., Timofeyev M.A. COMPARATIVE STUDY OF NONSPECIFIC MECHANISMS OF STRESS- ADAPTATIONS IN REPRESENTATIVES OF REMOTE GMELINOIDES FASCIATUS POPULATIONS ANDER HYPERTHERMIC CONDITIONS.....	131
Лубяга Ю.А., Лаврова М.С., Орлова Е.А., Мадьярова Е.В., Аксенов-Грибанов Д.В., Тимофеев М.А. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ СТРЕСС-АДАПТАЦИИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ОТДАЛЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ GMELINOIDES FASCIATUS В УСЛОВИЯХ ГИПЕРТЕРМИИ	132
Maikova O., Bukshuk N., Itskovich V., Khanaev I., Belikov S., Sherbakov D. APPARENT DESPECIATION IN BAIKALIAN EXPATRIATE SPONGES	132
Майкова О., Букшук Н., Ицкович В., Ханаев И., Беликов С., Щербаков Д. ПОТЕРЯ ВИДОВОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК В ПРОЦЕССЕ МИГРАЦИИ.....	133
Malakhova T.V., Kanapatsky T.A., Egorov V.N., Malakhova L.V., Artemov Yu.G., Evtushenko D.B., Gulin S.B., Pimenov N.V. MICROBIAL PROCESSES AND METHANE SEEPS GENESIS AT THE COASTAL AREAS OF CRIMEAN PENINSULA	134
Малахова Т.В., Канапачкий Т.А., Егоров В.Н., Малахова Л.В., Артёмов Ю.Г., Евтушенко Д.Б., Гулин С.Б., Пименов Н.В. МИКРОБНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ГЕНЕЗИС СТРУЙНЫХ МЕТАНОВЫХ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЙ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	134
Mamaeva E., Gubarev P., Suslova M., Gorshkov A., Zemskaya T. STUDY IN MODEL EXPERIMENTS DEGRADATION ALKANE OIL FRACTIONS CULTURED MICROBES SEDIMENTS OF KARA SEA	135
Мамаева Е.В., Губарев П.С., Сулова М.Ю., Горшков А.Г., Земская Т.И. ИССЛЕДОВАНИЕ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ДЕГРАДАЦИИ АЛКАНОВОЙ ФРАКЦИИ НЕФТИ КУЛЬТИВИРУЕМЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ ДОННЫХ ОСАДКОВ КАРСКОГО МОРЯ	136

Mamontov A.M., Yakhnenko V.M. SOME MORPHOLOGICAL AND GENETIC-BIOCHEMICAL PECULIARITIES OF WHITEFISHES FROM LAKE BAIKAL AND THE AMUR RIVER	136
Мамонтов А.М., Яхненко В.М. НЕКОТОРЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИКО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИГОВ БАЙКАЛА И АМУРА	137
Мазина И.Г. БИОТИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЕМКОСТЬ ИНТЕНСИВНО ОСВАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	138
Mikhailov I.S., Zakharova Yu.P., Galachyants Yu.P., Petrova D.P., Likhoshway Ye.V. ANALYSIS OF UNICELLULAR EUKARYOTIC ASSEMBLAGES IN THE EPILIMNION OF LAKE BAIKAL USING PYROSEQUENCING OF 18S RRNA GENE FRAGMENTS	139
Михайлов И.С., Захарова Ю.Р., Галачьянц Ю.П., Петрова Д.П., Лихошвай Е.В. АНАЛИЗ СООБЩЕСТВ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ЭУКАРИОТ ЭПИЛИМНИОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ МЕТОДОМ ПИРОСЕКВЕНЧИРОВАНИЯ ФРАГМЕНТОВ ГЕНА 18S рРНК.....	140
Moiseenko O.G., Orekhova N.A. Medvedev E.V. THE MECHANISM OF LONG-TERM EVOLUTION OF THE CARBON CYCLE OF THE SEVASTOPOL BAY ECOSYSTEM.....	141
Моисеенко О.Г., Орехова Н.А., Медведев Е.В. МЕХАНИЗМ МНОГОЛЕТНЕЙ ЭВОЛЮЦИИ ЦИКЛА УГЛЕРОДА ЭКОСИСТЕМЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ	142
Molozhnikova Ye.V, Netsvetaeva O.G., Golobokova L.P., Obolkin V.A., Khodzher T.V. ASSESSMENT OF TRANSPORT OF ANTHROPOGENIC IMPURITIES FROM ATMOSPHERE ONTO THE WATER AREA OF SOUTHERN BAIKAL	143
Моложникова Е.В., Нецвегаева О.Г., Голобокова Л.П., Оболкин В.А., Ходжер Т.В. ОЦЕНКА ПЕРЕНОСА АНТРОПОГЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ АТМОСФЕРЫ НА АКВАТОРИЮ ЮЖНОГО БАЙКАЛА.....	143
Morozov A.A. EVOLUTIONARY HISTORY OF THE EUKARYOTIC CHITIN SYNTHASES.....	143
Морозов А.А. ЭВОЛЮЦИОННАЯ ИСТОРИЯ ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ ХИТИНСИНТАЗ.....	144
Muzyka L.V., Kyrychuk G.Ye. THE INFLUENCE OF CHROME IONS ON CAROTENOID PIGMENTS CONTENT IN LYMNAEA STAGNALIS ORGANISM	145
Музыка Л.В., Киричук Г.Е. ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ХРОМА НА СОДЕРЖАНИЕ КАРОТИНОИДНЫХ ПИГМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ LYMNAEA STAGNALIS.....	146
Naumenko M.A. BATHYMETRIC MODELS OF LAKES: NECESSITY, READINESS AND APPLICATIONS.....	146
Науменко М.А. БАТИМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЗЁР: НЕОБХОДИМОСТЬ, РЕАЛЬНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ	147
Naumova T.V., Gagarin V.G. PROSPECTS FOR RESEARCH OF FREE-LIVING NEMATODE (NEMATODA) IN LAKE BAIKAL.....	148
Наумова Т.В., Гагарин В.Г. ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ФАУНЫ СВОБОДНОЖИВУЩИХ НЕМАТОД (NEMATODA) ОЗЕРА БАЙКАЛ	149
Naumova T.V., Gagarin V.G. THE NEMATODE FAUNA (NEMATODA) FROM THE INTERSTITIAL OF THE SPLASH ZONE OF LAKE BAIKAL – BASIC FEATURES AND FORMATION.....	150
Наумова Т.В., Гагарин В.Г. ФАУНА НЕМАТОД (NEMATODA) ИНТЕРСТИЦИАЛИ ЗАПЛЕСКОВОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ – ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПУТИ ФОРМИРОВАНИЯ	151
Naumova E.Yu., Zaidykov I.Yu. THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MOUTHPART STRUCTURE OF THE TWO EPISCHURA SPECIES (COPEPODA, CALANOIDA) FROM LAKES WITH THE DIFFERENT TROPIC STATUS	152
Наумова Е.Ю., Зайдыков И.Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОНКОГО СТРОЕНИЯ РОТОВЫХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ДВУХ ВИДОВ РОДА EPISCHURA SARS (COPEPODA, CALANOIDA) ОБИТАЮЩИХ В ВОДОЕМАХ РАЗЛИЧНОЙ ТРОФНОСТИ	153
Netsvetaeva O.G., Obolkin V.A., Sezko N.P., Nosova V.V., Khodzher T.V. RESULTS OF LONG-TERM MONITORING OF WET DEPOSITION WITHIN EANET PROGRAM AT THE RURAL STATION LISTVYANKA	153
Нецвегаева О.Г., Оболкин В.А., Сезько Н.П., Носова В.В., Ходжер Т.В. РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ВЛАЖНЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА СЕЛЬСКОЙ СТАНЦИИ ЛИСТВЯНКА СЕТИ EANET.....	154
Obzhirrov A. PULSATING CONDITION METHANE FLUXES IN THE OKHOTSK SEA.....	155
Обжиров А.И. ПУЛЬСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ ПОТОКОВ МЕТАНА В ОХОТСКОМ МОРЕ	155
Oleinikova O.V., Bychkov A.Yu., Pokrovskiy O.S., Shirokova L.S., Drozdova O.Yu., Lapitskiy S.A. CONVERSION OF DISSOLVED ORGANIC MATTER AND BEHAVIOR OF MICROELEMENTS IN STREAMFLOW OF BOREAL CLIMATIC ZONE (NORTH KARELIA)	155
Олейникова О.В., Бычков А.Ю., Покровский О.С., Широкова Л.С., Дроздова О.Ю., Лапицкий С.А. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ПОВЕДЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕЧНОМ СТОКЕ БОРЕАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ (СЕВ. КАРЕЛИЯ).....	156
Onishchuk N.A., Tomberg I.V., Zhuchenko N.A., Sezko N.P., Bashenkhaeva N.V., Nosova V. SEASONAL VARIABILITY OF NUTRIENT CONCENTRATION IN THE ANGARA RIVER OUTLET	157

Онищук Н.А., Томберг И.В., Жученко Н.А., Сезько Н.П., Башенхаева Н.В., Носова В. СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИСТОКЕ РЕКИ АНГАРЫ	157
Oota Y., Nachikubo A., Takeya S. SECONDARY FORMATION OF STRUCTURE II GAS HYDRATE DURING DISSOCIATION OF STRUCTURE I MIXED-GAS HYDRATE COMPOSED OF METHANE AND ETHANE	158
Oota Y., Nachikubo A., Takeya S. MICRO-PORE EFFECT ON DISSOCIATION PROCESS OF METHANE HYDRATE AND ISOTOPIC FRACTIONATION OF GUEST MOLECULES	158
Oshikiri N., Minami H., Nachikubo A., Yamashita S., Sakagami H., Kasashima R., Kikuchi H., Takano S., Takahashi N., Shoji H., Jin Y.K., Baranov B., Obzhairov A. GEOCHEMISTRY OF PORE WATERS FROM GAS HYDRATE-BEARING CORES RETRIEVED OFF SOUTHWEST SAKHALIN ISLAND, RUSSIA	159
Ovdina E.A., Strakhovenko V.D. ROLE OF ORGANIC SUBSTANCE IN FORMATION OF AUTIGENNY MINERALS IN LAKE SYSTEMS OF TAZHERANSKY GROUP	159
Овдина Е.А., Страховенко В.Д. РОЛЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ОБРАЗОВАНИИ АУТИГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ В ОЗЕРНЫХ СИСТЕМАХ ТАЖЕРАНСКОЙ ГРУППЫ	160
Paradina L.F., Khakhuraev O.A., Pavlova L.A., Chuparina Ye.V., Suturin A.N. COMPOSITION OF ASH-SLAG MATERIALS OF CPP FROM BPPP, AND PERSPECTIVES OF THEIR UTILIZATION	161
Парадина Л.Ф., Хахураев О.А., Павлова Л.А., Чупарина Е.В., Сугурин А.Н. СОСТАВ ЗОЛОШЛАКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЭЦ БЦБК И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ	162
Paradina L.F., Ladenkova O.A., Pavlova L.A. ACCUMULATION OF CHEMICALS BY BAIKALIAN AMPHIPODS	163
Парадина Л.Ф., Ладенкова О.А., Павлова Л.А. АККУМУЛЯЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ БАЙКАЛЬСКИМИ АМФИПОДАМИ	164
Pavlova O.N., Bukin S.V., Lomakina A.V., Shubenkova O.V., Manakov A.Y., Moskvina V.I., Morozov I.V., Mamaeva E.V., Nikitina A.A., Khabuev A.V., Zemskaya T.I. DEEP THERMOPHILIC MICROORGANISMS IN THE SURFACE SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL: BIOLOGICAL DIVERSITY AND ROLE IN THE TRANSFORMATION OF ORGANIC MATTER	165
Павлова О.Н., Букин С.В., Ломакина А.В., Шубенкова О.В., Манаков А.Ю.2, Москвин В.И.3, Морозов И.В., Мамаева Е.В., Никитина А.А., Хабуев А.В., Земская Т.И. ГЛУБИННЫЕ ТЕРМОФИЛЬНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ОСАДКАХ ОЗ. БАЙКАЛ: БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И РОЛЬ В ПРЕОБРАЗОВАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА	166
Perezhilina E.V., Perezhilin A.I., Gaydenok N.D. DYNAMICS OF THE NUMBER OF WHITEFISH ISACHENKO – INDICATOR OF ECOSYSTEM TAILRACE KRASNOYARSK HPS	167
Пережилина Е.В., Пережилин А.И., Гайденок Н.Д. ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ СИГА ИСАЧЕНКО – ИНДИКАТОР РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМЫ НИЖНЕГО БЬЕФА КРАСНОЯРСКОЙ ГЭС	167
Pestunov D.A., Domyshcheva V.M., Shamrin A.M., Ivanov V.G., Sakirko M.V., Panchenko M.V. CARBON DIOXIDE AND METHANE IN THE ATMOSPHERE AND WATER OF LAKE BAIKAL (2012-2014)	169
Пестунов Д.А., Домышева В.М., Шамрин А.М., Иванов В.Г., Сакирко М.В., Панченко М.В. УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ И МЕТАН В АТМОСФЕРЕ И ВОДЕ БАЙКАЛА ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ В 2012-2014 ГГ.	169
Petunina J.V., Bukin Y.S., Kamaltynov R.M. THE EVOLUTION FEATURES OF MITOCHONDRIAL MOLECULAR MARKER COI FROM ENDEMIC BAIKAL AMPHIPODS OF THE FAMILIA MICRUROPODIDAE	170
Петунина Ж.В., Букин Ю.С., Камалтынов Р.М. ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО МАРКЕРА COI ЭНДЕМИЧНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД СЕМЕЙСТВА MICRUROPODIDAE	171
Pitul'ko S.I. THE INFLUENCE OF VARIOUS ENVIRONMENTAL FACTORS ONTO MORPHOLOGICAL VARIABILITY AND FECUNDITY OF DARNIA POPULATIONS IN LAKE BAIKAL	171
Питулько С.И. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА МОРФОЛОГИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ПЛОДОВИТОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ ДАФНИЙ В БАЙКАЛЕ	172
Rogodaeva T.V., Zemskaya T.I. MICROELEMENTAL COMPOSITION OF DEEP-WATER FLUIDS IN THE AREA OF OIL AND GAS DISCHARGE IN LAKE BAIKAL	173
Погодаева Т.В., Земская Т.И. МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГЛУБОКОВОДНЫХ ФЛЮИДОВ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ РАЗГРУЗКИ ОЗ. БАЙКАЛ	173
Potemkin V.L., Makukhin V.L., Chipanina Ye.V., Obolkin V.A. STUDY OF THE PROCESS OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS TRANSFER TO LAKE BAIKAL FROM REGIONAL SOURCES	174
Потемкин В.Л., Макухин В.Л., Чипанина Е.В., Оболкин В.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ОЗЕРО БАЙКАЛ ОТ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ	174
Potemkina T.G. EFFECT OF ENVIRONMENTAL CHANGES TO RIVER MOUTH AREAS OF LAKE BAIKAL TRIBUTARIES	175
Потемкина Т.Г. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА УСТЬЕВЫЕ ОБЛАСТИ РЕК БАЙКАЛА	176
Potemkina T.G. CHANGES IN WATER DRAINAGE AND ALLUVIA OF LAKE BAIKAL TRIBUTARIES: NATURAL AND ANTHROPOGENIC CAUSES	177

Потемкина Т.Г. ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА ВОДЫ И НАНОСОВ РЕК БАЙКАЛА: ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ПРИЧИНЫ	178
Prozorova L., Chiba S., Saito T., Hirano T. GENESIS OF FRESHWATER MALACOFUNA IN NORTHEAST ASIA FROM BAIKAL TO BIWA.	179
Rogozin D.Y., Kalugin I.A., Dar'in A.V., Tamovsky M.O. CHANGES OF CIRCULATION REGIME IN SALINE LAKE SHIRA (KHAKASIA, SIBERIA) IN LAST HOLOCENE: RECONSTRUCTION FROM BOTTOM SEDIMENTS AND MATHEMATICAL MODELING	179
Рогозин Д.Ю., Калугин И.А., Дарьин А.В., Тарновский М.О. ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА ЦИРКУЛЯЦИИ СОЛЕНОГО ОЗЕРА ШИРА (ХАКАСИЯ) В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ: РЕКОНСТРУКЦИЯ ПО ДОННЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	180
Rufova A.A. GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE CURRENT STATE OF LAKES OF THE YAKUTSK CITY	181
Руфова А.А. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР Г. ЯКУТСКА	182
Rusinek O.T., Mokryi I.V., Kazazaev A.V. METHODS TO EVALUATE THE NATURAL MORTALITY RATE OF SMALL-SIZED HYDROBIONTS (EXEMPLIFIED BY THE SELENGA OMUL MORPHOLOGICAL GROUP).....	182
Русинек О.Т., Мокрый И.В., Казазаева А.В. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЕСТЕСТВЕННОЙ СМЕРТНОСТИ ГИДРОБИОНТОВ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ (НА ПРИМЕРЕ СЕЛЕНГИНСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ).....	183
Sakirko M.V., Domysheva V.M., Emelyanova E.S. DYNAMICS OF CONCENTRATIONS OF TOTAL AND MINERAL PHOSPHORUS IN THE PELAGIC AREA OF LAKE BAIKAL	184
Сакирко М.В., Домышева В.М., Емельянова Е.С. ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО И МИНЕРАЛЬНОГО ФОСФОРА В ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ	184
Samolyubov V.I. INTRUZYVE CURRENTS AND TRANSPORT OF IMPURITIES IN LAKES	185
Самолобов В.И. ИНТРУЗИОННЫЕ ТЕЧЕНИЯ И ТРАНСПОРТ ПРИМЕСЕЙ В ОЗЕРАХ.....	186
Samolyubov V.I., Ivanova I.N. DISTRIBUTION OF CLOROPHILL-A IN LAKE SYSTEM OF STRATIFIED CURRENTS	187
Самолобов В.И., Иванова И.Н. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА-А В ОЗЕРНЫХ СИСТЕМАХ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ	188
Shakirov R., Obzhirov A. DISCUSSION FOR ORIGIN OF THE MODERN HYDROCARBON GASES VENTING IN THE LITOSPHERE OF THE FAR EASTERN MARGINAL SEAS	189
Sherstyankin P.P., Ivanov V.G., Kucher K.M. ABOUT TRANSPARENCY AT LONGITUDINAL AND SEVERAL LATITUDINAL SECTIONS OF LAKE BAIKAL IN 2009-2010.....	189
Шерстянкин П.П., Иванов В.Г., Кучер К.М. О ПРОЗРАЧНОСТИ НА ПРОДОЛЬНОМ И НЕКОТОРЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ РАЗРЕЗАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ В 2009-2010 гг.	190
Sherstyankin P.P., Kokhanenko G.P., Ivanov V.G., Troitskaya Ye.S. ON HYDROPHYSICAL POLYGON UNDER THE ICE OF SOUTH BAIKAL NEAR IVANOVSKY CAPE	191
Шерстянкин П.П., Коханенко Г.П., Иванов В.Г., Троицкая Е.С. О ГИДРОФИЗИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ ПОДО ЛЬДОМ ЮЖНОГО БАЙКАЛА У МЫСА ИВАНОВСКОГО	191
Sherstyankin P.P., Plisnier P.-D., Potemkin V.L., Kuimova L.N., Ivanov V.G. ABOUT THE FEATURES OF TEMPERATURES AND FREQUENCY BUOYANCY ON LAKES BAIKAL AND TANGANYIKA.....	191
Шерстянкин П.П., Плисниер П.Д., Потемкин В.Л., Куимова Л.Н., Иванов В.Г. ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТЕМПЕРАТУР И ЧАСТОТАХ ПЛАВУЧЕСТИ НА ОЗЕРАХ БАЙКАЛ И ТАНГАНЬИКА	192
Sherstyankin P.P., Shimaraev M.N., Potemkin V.L., Kuimova L.N., Blinov V.V., Ivanov V.G. ON TEMPERATURE OF MAXIMAL DENSITY ON LAKE BAIKAL.....	193
Шерстянкин П.П., Шимараев М.Н., Потемкин В.Л., Куимова Л.Н., Блинов В.В., Иванов В.Г. О ТЕМПЕРАТУРЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ	193
Shirokova L.S., Ershova A.A., Pokrovsky O.S., Chupakov A.V. BIODEGRADATION OF DISSOLVED ORGANIC MATTER AND RELATED TRACE ELEMENT IN THE MOUTH ZONE OF THE SEVERNAYA DVINA RIVER: EXPERIMENTAL MODELING.....	194
Широкова Л.С., Ершова А.А., Покровский О.С., Чупаков А.В. БИОДЕСТРУКЦИЯ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И СОПРЯЖЕННЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В УСТЬЕВОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	195
Shirokova L.S., Vorobieva T.Ya., Zabelina S.A. Klimov S.I., Moreva O.Yu., Pokrovsky O.S., Chupakov A.V., Makhnovich N.M., Gogolitsyn V.A., Sobko E.I., Shorina N.V. LAKE ECOSYSTEM EVOLUTION UNDER THE INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS: RESULTS OF MULTIDISCIPLINARY LONG-TERM STUDIES.....	196
Широкова Л.С., Воробьева Т.Я., Забелина С.А., Климов С.И., Морева О.Ю., Покровский О.С., Чупаков А.В., Махнович Н.М., Гоголицын В.А., Собко Е.И., Шорина Н.В. ЭВОЛЮЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА СВЯТОЕ	

ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ: ИТОГИ КОМПЛЕКСНЫХ ДОЛГОСРОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	197
Shishlyannikova T.A., Fedorova G.A., Kuzmin A.V., Lipko I.A., Parfenova V.V. ISOLATION AND STUDY OF ANTIMICROBIAL COMPOUNDS PRODUCED BY BAIKAL BACTERIA	198
Шишлянникова Т.А., Фёдорова Г.А., Кузьмин А.В., Липко И.А., Парфенова В.В. ВЫДЕЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИМИКРОБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ БАЙКАЛЬСКИХ БАКТЕРИЙ	198
Shorina N.V., Chupakov A.V., Vorobyova T.Ya., Kosheleva A.E. DISTRIBUTION OF FORMS OF IRON IN SMALL LAKES NORTHWEST RUSSIA (ARKHANGELSK REGION).....	199
Шорина Н.В., Чулаков А.В., Воробьева Т.Я., Кошелева А.Е. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМ ЖЕЛЕЗА В МАЛЫХ ОЗЕРАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	200
Штыкова Ю.Р., Белькова Н.Л., Жабина Т.Ю., Суханова Е.В., Парфенова В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ В КОЛЛЕКЦИЯХ ЛАБОРАТОРИИ	201
Smirnov V.V., Smirnova-Zalumi N.S., Sukhanova L.V., Blagodetelev A.I. EFFECT OF CLIMATIC FACTORS ON FISH PRODUCTIVITY IN LAKE BAIKAL	202
Смирнов В.В., Смирнова-Залуми Н.С., Благодетелев А.И. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ БАЙКАЛА	203
Solovyev M., Rusinek O. INFLUENCE OF METACERCARIA (PLATHELMINTHES, TREMATODA: DIPLOSTOMATIDAE) INVASION ON THE ACTIVITY OF DIGESTIVE ENZYMES OF BAIKAL OMUL FRY FISH	203
Соловьев М.М., Русинек О.Т. ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИНВАЗИИ МЕТАЦЕРКАРИЙ СЕМЕЙСТВА DIPLOSTOMATIDAE (PLATHELMINTHES, TREMATODA) НА АКТИВНОСТЬ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ У МОЛОДИ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ	204
Stepanova O.G., Trunova V.A., Zvereva V.V., Melgunov M.S., Fedotov A.P. RECONSTRUCTION OF GLACIER FLUCTUATION IN THE EAST SAYAN, BAIKALSKIY AND KODAR RIDGES (EAST SIBERIA, RUSSIA) DURING THE LAST 210 YEARS BASED ON HIGH-RESOLUTION GEOCHEMICAL PROXIES FROM PROGLACIAL LAKE BOTTOM SEDIMENTS.....	204
Степанова О.Г., Трунова В.А., Зверева В.В., Мельгунов М.С., Федотов А.П. РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ЛЕДНИКОВ В ВОСТОЧНОМ САЯНЕ, БАЙКАЛЬСКОМ И КОДАРСКОМ ХРЕБТАХ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ, РОССИЯ) ЗА ПОСЛЕДНИЕ 210 ЛЕТ НА ОСНОВЕ РАСШИФРОВКИ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩИХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЛЕТОПИСЕЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ ПРИЛЕДНИКОВЫХ ОЗЕР.....	205
Stolnikova N.V., Kamakin A.M., Zaytsev V.F. INFLUENCE OF A STENOPHORA ON A BIODIVERSITY OF THE CASPIAN SEA.....	206
Столنيкова Н.В., Камакин А.М., Зайцев В.Ф. ВЛИЯНИЕ ГРЕБНЕВИКА НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ.....	206
Stonik I.V., Aizdaicher N.A., Issaeva M.P. MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF THE DIATOMS BELONGING TO THE GENUS PSEUDO-NITZSCHIA N. PERAGALLO FROM THE NORTHWESTERN SEA OF JAPAN.....	207
Стоник И.В., Айздайчер Н.А., Исаева М.П. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ РОДА PSEUDO-NITZSCHIA N. PERAGALLO ИЗ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ.....	208
Суханова Л.В., Смирнова-Залуми Н.С., Кирильчик С.В., Глызина О.Ю., Сидорова Т.В., Сапожникова Ю.П., Яхненко В.М., Смирнов В.В., Благодетелев А.И. БИОТЕХНОЛОГИИ В КУЛЬТИВИРОВАНИИ СИГОВЫХ РЫБ: ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ИССЛЕДОВАНИЮ ЭВОЛЮЦИИ	209
Tatarinova A.V. MONITORING OF THE CONDITION OF LAKES OF YAKUTSK ON HYDROBIOLOGICAL INDICATORS	209
Татарина А.В. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОЗЕР Г.ЯКУТСКА ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	209
Thiede J. WLADIMIR KÖPPEN, ALFRED WEGENER AND MILUTIN MILANKOVITCH, EARLY PIONEERS AND PARTNERS IN PALEOCLIMATE RESEARCH.....	210
Титова Л.А., Родионова Ye.V., Usol'tseva M.V. BENTHIC DIATOM ALGAE IN PLIOCENE DEPOSITS OF TUNKA DEPRESSION	211
Титова Л.А., Родионова Е.В., Усольцева М.В. БЕНТОСНЫЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ В ПЛИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТУНКИНСКОЙ ВПАДИНЫ	212
Todd J.A., Burgon J.D., Michel E. UNEXPECTEDLY HIGH SPECIES DIVERSITY REVEALED IN AN ENDEMIC GASTROPOD GENUS (PARAMELANIA) FROM LAKE TANGANYIKA: THE COMPLEMENTARY ROLE OF OLD AND NEW COLLECTIONS	215

Troitskaya Ye.S., Shimaraev M.N. VERTICAL MOVEMENT OF WATER MASSES IN SLOPE AREAS OF SOUTHERN BAIKAL	216
Троицкая Е.С., Шимараев М.Н. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ВОДНЫХ МАСС В ПРИСКЛОНОВЫХ ОБЛАСТЯХ ЮЖНОГО БАЙКАЛА	217
Tsvetova E.A. TRANSFORMATION OF METHANE HYDRATES AS A POSSIBLE CAUSE OF DEEP WATER RENEWAL IN LAKE BAIKAL (ACCORDING TO THE RESULTS OF NUMERICAL MODELING)	218
Цветова Е.А. ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТАНГИДРАТОВ - ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА ОБНОВЛЕНИЯ ГЛУБИННЫХ ВОД БАЙКАЛА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ)	219
Tsydenov B.O., Starchenko A.V. A MATHEMATICAL MODL FOR INVESTIGATION OF THE RIVERINE THERMAL BARIN A DEEP WATER BODY (IN THE CASE OF LAKE BAIKAL).....	220
Цыденов Б.О., Старченко А.В. КОМПЛЕКСНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЧНОГОТЕРМОБАРА В ГЛУБОКОМ ВОДОЁМЕ (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ)	220
Usoltseva M.V., Titova L.A., Поповская Г.И. LONG-TERM DYNAMICS OF DOMINANT SPECIES IN SPRING DIATOM PLANKTON FROM THE PELAGIC AREA OF LAKE BAIKAL	221
Усольцева М.В., Титова Л.А., Поповская Г.И. ДИНАМИКА ДОМИНИРУЮЩИХ ВИДОВ ВЕСЕННЕГО ДИАТОМОВОГО ПЛАНКТОНА ПЕЛАГИАЛИ БАЙКАЛА В МНОГОЛЕТНЕМ АСПЕКТЕ	221
Volokitina N.A., Mikhailov I.S., Zakharova Yu.P. CULTIVATION OF DIATOMS FROM LAKE BAIKAL.....	222
Волокитина Н.А., Михайлов И.С., Захарова Ю.Р. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....	223
Yakhnenko V.M., Klimenkov I.V., Sudakov N.P., Belyshenko A.Yu., Sukhanova L.V., Glyzina O.Yu., Sapozhnikova Yu.P. PECULIARITIES IN THE STRUCTURE OF BLOOD CELLS OF CULTURED FISHES FROM LAKE BAIKAL UNDER PHENOL EFFECT.....	223
Яхненко В.М., Клименков И.В., Судаков Н.П., Бельшенко А.Ю., Суханова Л.В., Глызина О.Ю., Сапожникова Ю.П. ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ КЛЕТКИ КРОВИ ИСКУССТВЕННО ВЫРАЩЕННЫХ СИГОВЫХ РЫБ ОЗЕРА БАЙКАЛ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФЕНОЛА	224
Yermolaeva N.I., Zarubina E.Yu., Strakhovenko V.D., Romanov R.E. HYDROBIONT'S CONTRIBUTION IN A STREAM OF ORGANIC MATTER IN LIMNOLOGICAL SYSTEMS IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA	225
Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Страховенко В.Д., Романов Р.Е. ВКЛАД ГИДРОБИОНТОВ В ПОТОКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЛИМНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	225
Zayakhanov A.S., Zhamsueva G.S., Tsydyrov V.V., Balzhanov T.S. DIURNAL DYNAMIC OF SURFACE OZONE AND SMALL GASEOUS IMPURITIES NEAR THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL	226
Заяханов А.С., Жамсуева Г.С., Цыдыпов В.В., Бальжанов Т.С. СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ОЗОНА И ДРУГИХ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ ПРИМЕСЕЙ ВБЛИЗИ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ	226
Zaidikov I.Yu., Sukhanova L.V., Naumova E.Yu. THE POPULATION STRUCTURE OF THE TWO SPECIES OF EPISCHURA GENUS (COPEPODA, CALANOIDA).....	227
Зайдыков И.Ю., Суханова Л.В., Наумова Е. Ю. ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ДВУХ РАЧКОВ РОДА EPISCHURA (COPEPODA, CALANOIDA).....	227
Zakharenko A.S., Galachyants Yu.P., Morozov I.V., Morozov A.A., Pimenov N.V., Zemskaya T.I. BIOLOGICAL COMMUNITIES OF THE WATER COLUMN AT THE DISCHARGE AREA OF THE MUD VOLCANO "BOLSHOY" (SOUTH BAIKAL).....	228
Захаренко А.С., Галачянц Ю.П., Морозов И.В., Морозов А.А., Пименов Н.В., Земская Т.И. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА ВОДНОЙ ТОЛЩИ В РАЙОНЕ РАЗГРУЗКИ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА «БОЛЬШОЙ» (ЮЖНЫЙ БАЙКАЛ)	229
Zayakhanov A.S., Zhamsueva G.S., Tsydyrov V.V., Balzhanov T.S. DIURNAL DYNAMIC OF SURFACE OZONE AND SMALL GASEOUS IMPURITIES NEAR THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL	230

RESULTS PRESENTED BY SCHOOL RESEARCHERS

ШКОЛЬНАЯ СЕКЦИЯ

Асламов А.П. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФТОРИДОВ И ИОНОВ СВИНЦА В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ	231
Бовт Т.М. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОДЕРЖАНИЯ PERSCOTTUS GLENNI В ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМАХ	232
Бродовой А.Н., Ибрагимов Э.С., Мальцев Е. Р., Чайковский С.В. ОБ УЧАСТИИ ТОМСКИХ ШКОЛЬНИКОВ В СКРИНИНГЕ ТЕРРИТОРИЙ НА НАЛИЧИЕ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ.....	232
Глызина Е.А. Культивирование олигохет	233
Заботин М.С. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОМУЛЯ И РОТАНА ПО ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И УСЛОВИЯМ СОДЕРЖАНИЯ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	234
Копылова Е. ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН	235
Кузьмина П. ТИХОХОДКИ – УДИВИТЕЛЬНЫЕ СОЗДАНИЯ!.....	236

Мазаник Н.Д. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТА БЕРЕЗЫ В ИРКУТСКЕ	236
Максимчук М.Г. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ВОДЫ	237
Медведская К. КУСТАРНИКИ ОСТРОВА ОЛЬХОН	238
Мусинцева Д. ФИТОЦЕНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ЮННАТСКОГО ПРУДА	238
Оглоблин И.К. ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ <i>LUBOMIRSKIA BAICALENSIS</i>	239
Олинович Н. ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИСКУССТВЕННОЙ ДЕФОЛИАЦИИ НА ПРИРОСТ ХВОИ, ПОБЕГОВ И КОЛИЧЕСТВО ХВОИ НА ПОБЕГЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.....	240
Парщиков И.Е., Глызина В.А. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ДАФНИЙ.....	241
Ряжкина Ю. ВЛИЯНИЕ ГАЗИРОВАННЫХ НАПИТКОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА	241
Стальмаков В. КОРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ.....	243
Сыроежко Р.П. СОДЕРЖАНИЕ ЯЩЕРИЦ И МОЛЛЮСКОВ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ	244
Ткалич К.Н. ВЫБОР ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ МЕСТНЫХ ВОДОЕМОВ ДЛЯ КРУГЛОГОДИЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ	245
Усова П.В. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРИБРЕЖНЫХ ВОД В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОЗЕРА БАЙКАЛ	245
Шагдарон Я.Д. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОДЕРЖАНИЯ И КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БАЙКАЛЬСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>SPIROGYRA LINK</i>	246
Янушко К. В. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ.....	246

**PROCEEDINGS OF THE FOURTH BAIKAL SYMPOSIUM ON MICROBIOLOGY (BSM-2015)
«MICROORGANISMS AND VIRUSES IN AQUATIC ECOSYSTEMS»
Материалы 4-ГО БАЙКАЛЬСКОГО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СИМПОЗИУМА С
МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «МИКРООРГАНИЗМЫ И ВИРУСЫ В ВОДНЫХ
ЭКОСИСТЕМАХ»**

Андреева Д.В. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ В РЕКЕ АМУР В ПЕРИОД НАВОДНЕНИЯ 2013	248
Andreeva D.V. THE INFLUENCE OF ORGANIC MATTERS ON THE NUMBER SULPHATE-REDUCING BACTERIA IN THE AMUR RIVER DURING FLOOD IN 2013	249
Башенхаева М.В., Захарова Ю.Р., Ханаев И.В., Лихошвай Е.В. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДЛЕДНЫХ СООБЩЕСТВ ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....	249
Bashenkhaeva M.V., Zakharova Y.R., Khanaev I.V., Likhoshway Y.V. STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF SUB-ICE COMMUNITIES FROM LAKE BAIKAL.....	250
Белькова Н.Л., Суханова Е.В., Штыкова Ю.Р., Парфенова В.В. ДВЕ СТРАТЕГИИ ВЫЖИВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В БИОПЛЕНОЧНЫХ АССОЦИАЦИЯХ	251
Belkova N.L., Sukhanova E.V., Shtukova Yu.R., Parfenova V.V. TWO STRATEGIES OF MICROORGANISMS SURVIVAL IN BIOFILM ASSOCIATIONS	252
Богатыренко Е.А., Бузолева Л.С., Быковская А.Н. ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ КИШЕЧНИКА АМУРСКОГО ОСЕТРА <i>ACIPENSER SCHRENCKII</i> И КАЛУГИ <i>HUSO DAURICUS</i>	252
Bogatyrenko E.A., Buzoleva L.S., Bykovskaya A.N. STUDYING OF INTESTINAL BACTERIAL COMMUNITIES STRUCTURE OF THE AMUR STURGEON <i>ACIPENSER SCHRENCKII</i> AND KALUGA <i>HUSO DAURICUS</i>	253
Брянская А.В., Уварова Ю.Е., Розанов А.С., Малуп Т.К., Лазарева Е.В., Таран О.П., Иванисенко Т.В., Пельтек С.Е. ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА СОЛЕНОЕ (НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ) С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ.....	253
Bryanskaya A.V., Uvarova Y.E., Rozanov A.S., Malup T.K., Lazareva E.V., Taran O.P., Ivanisenko T.V., Peltek S.E. CHARACTERISTICS OF MICROBIAL COMMUNITIES OF LAKE SOLENOYE (NOVOSIBIRSK REGION, RUSSIA) USING HIGH-THROUGHPUT SEQUENCING	255
Будагаева В.Г., Горленко В.М., Бархутова Д.Д. ГЕТЕРОТРОФНЫЕ БАКТЕРИИ РОДА <i>MEIOTHERMUS</i> В ГИДРОТЕРМАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ.....	256
Budagaeva V.G., Gorlenko V.M., Barkhutova D.D. HETEROTROPHIC BACTERIA OF THE GENUS <i>MEIOTHERMUS</i> IN HYDROTHERMS OF PRIBAIKALYE (BURYATIA)	257
Бузолева Л.С., Богатыренко Е.А., Ким А.В., Голозубова Ю.С., Еськова А.И., Долматова Е.С. ХАРАКТЕРИСТИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОРСКИХ БАКТЕРИЙ ИЗ АКВАТОРИЙ С РАЗНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ	258
Buzoleva L.S., Bogatyrenko E.A., Kim A.V., Golozubova Yu.S., Eskova A.I., Dolmatova E.S. THE CHARACTERISTIC OF TAXONOMICAL STRUCTURE AND HYDROLYTIC PROPERTIES OF MARINE BACTERIA FROM WATER AREAS WITH DIFFERENT ANTHROPOGENIC PRESSURE	258

МЕТАНОГЕННЫЕ СООБЩЕСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. БАЙКАЛ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ	259
Букин С.В., Павлова О.Н., Калмычков Г.В., Иванов В.Г., Хачикубо А., Хабуев А.В., Морозов И.В., Земская Т.И. ГЕОХИМИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ: БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, СУБСТРАТНАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ, АКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ МЕТАНА	259
Bukin S.V., Pavlova O.N., Kalmychkov G.V., Ivanov V.G., Nachikubo A., Khabuev A.V., Morozov I.V., Zemskaya T.I. METHANOGENIC COMMUNITIES OF LAKE BAIKAL BOTTOM SEDIMENTS WITH DIFFERENT GEOCHEMICAL CONDITIONS: BIOLOGICAL DIVERSITY, SUBSTRATE SPECIFICITY, ACTIVITY OF THE PROCESSES OF FORMATION OF METHANE.....	260
Бутина Т.В., Потапов С.А., Букин Ю.С., Белых О.И., Кабилов М.Р., Тупикин А.Е., Беликов С.И. ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВИРУСОВ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ.....	260
Butina T.V., Potapov S.A., Bukin Y.S., Belykh O.I., Kabilov M.R., Tupikin A.E., Belikov S.I. GENETIC DIVERSITY OF VIRUSES IN LAKE BAIKAL	262
Венгер М.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ВИРИОПЛАНКТОНА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В ПЕРИОД ПОЛЯРНОЙ НОЧИ	262
Venger M.P. THE STUDY OF VIRIOPLANKTON IN THE BARENTS SEA DURING THE POLAR NIGHT.....	287
Галачьянц А.Д., Белькова Н.Л., Суханова Е.В., Парфенова В.В. РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА SPHINGOMONAS В НЕЙСТОННОЙ ПЛЕНКЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ	263
Galach'yants A.D., Belkova N.L., Sukhanova E.V., Parfenova V.V. DIVERSITY OF THE REPRESENTATIVES OF THE GENUS SPHINGOMONAS IN NEUSTONIC BIOFILM OF LAKE BAIKAL	263
Герасимова Е.А., Плотников А.О. ЭУКАРИОТИЧЕСКИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ (CENTRONHELIDA, НАСРОБИЯ) ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ.....	263
Gerasimova E.A., Plotnikov A.O. FRESHWATER EUKARYOTIC MICROORGANISMS (CENTRONHELIDA, НАСРОБИЯ) OF ORENBURG REGION	265
Гоголева О.А., Гоголева Н.Е., Хлопко Ю.А., Плотников А.О. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ СОЛЕННЫХ РЕК ПРИЭЛЬТОНЬЯ.....	265
Gogoleva O.A., Gogoleva N.E., Khlopko Yu.A., Plotnikov A.O. TAXONOMIC COMPOSITION OF HYDROCARBON-OXIDIZING BACTERIAL COMMUNITIES IN SALT RIVERS OF ELTON REGION	266
Дагурова О.П., Гаранкина В.П., Дамбаев В.Б., Белькова Н.Л. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДЫ ОЗЕРА ГУСИНОЕ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	266
Dagurova O.P., Garankina V.P., Dambaev V.B., Belkova N.L. MICROBIOLOGICAL INDEXES OF WATER OF LAKE GUSINOE (WESTERN ZABAİKALIE)	267
Дамбинова Е.Ц., Банзарактаева Т.Г. РАЗНООБРАЗИЕ АНАЭРОБНЫХ ПСИХРОФИЛЬНЫХ И ПСИХРОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ХОЛОДНЫХ ИСТОЧНИКАХ СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ.....	267
Dambinova E.Ts., Banzaraksatseva T.G. DIVERSITY OF ANAEROBIC PSYCHROPHILIC AND PSYCHROTROACTIVE BACTERIA IN COLD SPRINGS OF NORTHERN PRIBAIKALIE	269
Деникина Н.Н., Черногор Л.И., Белькова Н.Л., Ханаев И.В., Беликов С.И. ИССЛЕДОВАНИЕ АССОЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ С ПОМОЩЬЮ КЛЕТОЧНОЙ КУЛЬТУРЫ ПРИММОРФ БАЙКАЛЬСКОЙ ГУБКИ LUBOMIRSKIA BAICALENSIS	269
Denikina N.N., Chernogor L.I., Belkova N.L., Khanaev I.V., Belikov S.I. ASSOCIATION OF MICROORGANISMS USING CELL CULTURE OF PRIMMORPHS OF BAIKAL SPONGE LUBOMIRSKIA BAICALENSIS	270
Дрюккер В.В., Дутова Н.В. ВИРИОНЕЙСТОН, ВИРИОПЛАНКТОН, ВИРИОБЕНТОС – СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ МИКРОБНОЙ ПЕТЛИ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ	270
Drucker V.V., Dutova N.V. VIRIONEUSTON, VIRIOPLANKTON, AND VIRIOBENTHOS: MICROBIAL LOOP COMPONENTS OF LAKE BAIKAL ECOSYSTEM	271
Дутова Н.В., Дрюккер В.В. ВИРИОНЕЙСТОН ОЗЕРА БАЙКАЛ	271
Dutova N.N., Drucker V.V. VIRIONEUSTON OF LAKE BAIKAL.....	273
Зыков В.В., Рогозин Д.Ю. РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА ШИРА ПО БИОМАРКЕРАМ ЕГО ФОТОТРОФНОГО СООБЩЕСТВА МИКРООРГАНИЗМОВ, ЗАХОРОНЕННЫМ В ЕГО ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ.....	274
Zykov V.V., Rogozin D.Y. RECONSTRUCTION OF ECOLOGICAL STATE OF LAKE SHIRA (SOUTH SIBERIA) BY THE ANALYSIS OF FOSSIL PHOTOPIGMENTS OF PHOTOTROPHIC MICROBIAL COMMUNITY OF BOTTOM SEDIMENTS	275
Калитина Е.Г., Харитоновна Н.А., Вах Е.А. ТЕРМОФИЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ КУЛЬДУРСКИХ ГОРЯЧИХ ИСТОЧНИКОВ.....	276
Kalitina E.G., Charitonova N.A., Vach E.A. THERMOPHILIC BACTERIA IN HOT SPRINGS KULDUR.....	276
Калужная О.В. РАЗНООБРАЗИЕ ФОТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В СИМБИОТИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВАХ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК	277

Kaluzhnaya O.V. DIVERSITY OF PHOTOTROPHIC MICROORGANISMS OF BAIKALIAN SPONGE SYMBIOTIC COMMUNITIES	277
Кашинская Е.Н., Белькова Н.Л., Извекова Г.И., Симонов Е.П., Соловьев М.М. РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОБИОТЫ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЫБ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ОЗ. ЧАНЫ.....	279
Kashinskaya E.N., Belkova N.L., Izvekova G.I., Simonov E.P., Solovyev M.M. THE DIVERSITY OF MICROBIAL COMMUNITIES OF GASTROINTESTINAL TRACT OF SEVERAL FISH WITH DIFFERENT FEEDING HABITS IN LAKE CHANY	279
Кондратьева Л.М. КРИОМИКРОБОЦЕНОЗЫ ВО ЛЬДАХ РЕКИ АМУР.....	280
Kondrateva L.M. CRYOMICROBIOCENOSIS IN THE ICE OF THE AMUR RIVER	281
Кондратьева Л.М., Литвиненко З.Н., Метелица Е.К. ВЛИЯНИЕ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРУ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	283
Копылов А.И., Заботкина Е.А., Сажин А.Ф., Романова Н.Д. ВИРИОПЛАНКТОН КАРСКОГО МОРЯ: ВЛИЯНИЕ ВИРУСОВ НА СМЕРТНОСТЬ ГЕТЕРОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ.....	284
Kopylov A.I., Zabolkina E.A., Sazhin A.F., Romanova N.D. VIRIOPHAGOTON CARA SEA: THE EFFECT OF VIRUSES ON MORTALITY HETEROTROPHIC BACTERIA	284
Литвиненко З.Н. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ФОРМИРОВАНИЕ БИОПЛЕНК В ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЕ	285
Litvinenko Z.N. INFLUENCE OF ORGANIC MATTER ON BIOFILM FORMATION IN GROUNDWATER	285
Мальник В.В., Горшкова А.С., Тимошкин О.А., Косторнова Т.Я., Потапская Н.В. САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ	287
Malnik V.V., Gorshkova A.S., Timoshkin O.A., Kostornova T.Ya., Potapskaya N.V. FECAL INDICATOR BACTERIA IN THE COASTAL AREA OF LAKE BAIKAL.....	287
Матюгина Е.Б., Белькова Н.Л. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И РАЗНООБРАЗИЯ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В МЕРОМИКТИЧЕСКОМ СОДОВОМ ОЗЕРЕ ДОРОНИСКОЕ (ЗАБАЙКАЛЬЕ, РОССИЯ) В ПЕРИОДЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ВЕСНЫ И БИОЛОГИЧЕСКОГО ЛЕТА	288
Matyugina E.B., Belkova N.L. PECULIARITIES OF DISTRIBUTION AND DIVERSITY OF MICROBIAL COMMUNITIES IN MEROMICTIC SODA LAKE DORONINSKOE (ZABAİKALIE, RUSSIA) DURING THE PERIODS OF BIOLOGICAL SPRING AND BIOLOGICAL SUMMER	289
Михайлов И.С., Захарова Ю.Р., Волокитина Н.А., Лихошвай Е.В. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БАКТЕРИЙ В КУЛЬТУРАХ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....	290
Mikhailov I.S., Zakharova Y.R., Volokitina N.A., Likhoshway Y.V. TAXONOMIC COMPOSITION OF BACTERIA IN CULTURES OF DIATOMS ISOLATED FROM LAKE BAIKAL	290
Муханов В.С., Рылкова О.А., Свинин С.С., Бутина Т.В., Белых О.И. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ВИРУСОПОДОБНЫХ ЧАСТИЦ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОДАХ	291
Mukhanov V.S., Rylkova O.A., Svinin S.S., Butina T.V., Belykh O.I. SPATIAL DISTRIBUTION AND SEASONAL DYNAMICS OF VIRUS-LIKE PARTICLES IN SEVASTOPOL BAY AND ADJACENT WATERS.....	291
Павлова М.А. ВИРИОПЛАНКТОН КАРСКОМОРСКИХ ЭСТУАРИЕВ	291
Pavlova M.A. VIRIOPHAGOTON ESTUARIES OF THE CARA SEA.....	292
Парфенова В.В., Белькова Н.Л., Белых О.И., Дрюккер В.В. МИКРОБНОЕ СООБЩЕСТВО БИОПЛЕНК ОЗ. БАЙКАЛ.....	292
Parfenova V.V., Belkova N.L., Belukh O.I., Drucker V.V. MICROBIAL COMMUNITIES IN BIOFILMS FROM LAKE BAIKAL	293
Полева С.В. МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА В КОРОБОЧКАХ МХА OEDIPODIUM GRIFFITIANUM (OEDIPODIOPSIDA, BRYOPHYTA) ПО ДАННЫМ ТЭМ.....	293
Polevova S.V. MICROBIAL COMMUNITY IN A CAPSULE OF MOSS OEDIPODIUM GRIFFITIANUM (OEDIPODIOPSIDA, BRYOPHYTA) ACCORDING TEM	295
Полевская О.С. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ОБРАСТАНИЙ В ПЕЩЕРЕ СНЕЖНАЯ (ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)	295
Polevskaya O.S. THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON FORMATION OF BACTERIAL FOULING IN CAVE SNEZHNAJA (WESTERN CAUCASUS)	297
Polteva A.V., Galanina E.V. VIBRIOFLORA OF JAPANESE SCALLOP (MIZUHOPECTEN YESSOENSIS) FROM ANIVA BAY (SAKHALIN ISLAND).....	298
Попельницкая И.М., Мучкина Е.Я., Попельницкий В.А. ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА С УЧЕТОМ ПЕРИОДОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ.....	298

Popelnitskaya I.M., Muchkina E.Ya., Popelnitsky V.A. ESTIMATION OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF BACTERIOPLANKTON TAKING INTO ACCOUNT PERIODS OF ECOSYSTEM FUNCTIONING KRASNOYARSK RESERVOIR ON THE RESULTS OF LONG-TERM OBSERVATIONS.	299
Потапов С.А., Тихонова И.В., Бутина Т.В., Белых О.И. ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ УЛЬТРАМИКРОБАКТЕРИЙ В ПЛАНКТОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....	300
Potapov S.A., Tikhonova I.V., Butina T.V., Belykh O.I. ESTIMATE ULTRAMICROBACTERIA ABUNDANCE IN THE PLANKTON OF LAKE BAIKAL.....	301
Раднагуруева А.А., Лаврентьева Е.В., Намсараев З.Б., Намсараев Б.Б. МИКРОБНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ В СОЛЕННЫХ ОЗЕРАХ ПУСТЫНИ БАДАИН ЖАРАН (ВНУТРЕННЯЯ МОНГОЛИЯ, КИТАЙ).....	301
Radnagurueva A.A., Lavrentieva E.V., Namsaraev Z.B., Namsaraev B.B. MICROBIAL DIVERSITY IN THE SALT LAKES BADAIN JARAN DESERT(INNER MONGOLIA, CHINA).....	302
Румянцева Е.В., Косолапов Д.Б. РАЗМЕРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КРУПНОГО РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	302
Rumyantseva E.V., Kosolapov D.B. SIZE-MORPHOLOGICAL STRUCTURE AND ACTIVE FRACTION OF LITTORAL BACTERIOPLANKTON OF LARGE LOWLAND RESERVOIR.....	304
Рыбакова И.В., Мыльникова З.М., Рыбакова К.С. КОМПОНЕНТЫ МИКРОБНОЙ ПЕТЛИ В ОБРАСТАНИЯХ МАКРОФИТОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	304
Rybakova I.V., Mylnikova Z.M., Rybakova K.S. COMPONENTS OF THE MICROBIAL LOOP IN FOULING ORGANISMS OF MACROPHYTES IN THE RYBINSK RESERVOIR.....	305
Селиванова Е.А., Гоголева Н.Е., Хлопко Ю.А., Плотников А.О. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРОКАРИОТ-АССОЦИАНТОВ ГАЛОФИЛЬНЫХ ПРОТИСТОВ.....	306
Selivanova E.A., Gogoleva N.E., Khlopko Yu.A., Plotnikov A.O. TAXONOMIC COMPOSITION OF PROKARYOTES-ASSOCIATES OF HALOPHILIC PROTISTS.....	307
Соколова О.С., Шабурова О.В. КРИОЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ ГИГАНТСКИХ БАКТЕРИОФАГОВ P. AERUGINOSA: PHIKZ, EL, LIN68.....	307
Sokolova O., Shaburova O. KRYO-ELECTRON MICROSCOPY OF GIANT P. AERUGINOSA BACTERIOPHAGES: PHIKZ, EL, LIN68B.....	308
Старосила Е.В., Олейник Г.Н., Юришинец В.И., Воликов Ю.Н. АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РАЗНОТИПНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ г. КИЕВА.....	309
Starosyla Ye.V., Olejnik G.N., Urishinets V.I., Volikov U.N. THE CATALAZE ACTIVITY IN BENTHIC SEDIMENTS OF DIFFERENT TYPES OF WATER BODIES IN KYIV CITY.....	310
Степанова О.А. ПОИСК, ИЗОЛЯЦИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ВИРУСОВ МОРСКИХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ: НОВЫЕ АЛЬГОВИРУСЫ, МЕТОДЫ, ФАКТЫ И ГИПОТЕЗЫ.....	310
Stepanova O.A. SEARCH, ISOLATION AND STUDY OF NEW MARINE VIRUSES OF MICROALGAE; NEW METHODS, FACTS AND HYPOTHESES.....	311
Степанова О.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ КОНТАКТА АЛЬГОВИРУСОВ С МИДИЯМИ MYTILUS GALLOPROVINCIALIS.....	313
Stepanova O.A. RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE CONTACT OF ALGAL VIRUSES WITH MUSSELS MYTILUS GALLOPROVINCIALIS.....	313
Стройнов Я.В., Филиппов Д.А. ВИРИОПЛАНКТОН ВЕРХОВОГО БОЛОТА ШИЧЕНГСКОЕ (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	314
Stroynov Ya.V., Philippov D.A. VIRIOPANKTON IN THE SHICHENGSKOE RAISED BOG (VOLOGDA REGION, RUSSIA).....	316
Стукова О.Ю. ЧИСЛЕННОСТЬ И АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА Р. АМУР В ПЕРИОД ВЫСОКОЙ ВОДНОСТИ В 2013 ГОДУ.....	316
Stukova O.Yu. THE NUMBER AND ACTIVITY OF BACTERIAL RIVER AMUR IN THE PERIOD OF HIGH WATER LEVEL IN 2013 YEAR.....	316
Суханова Е.В., Штыкова Ю.Р. ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ШТАММОВ ИЗ БИОПЛЕНК ТВЕРДЫХ СУБСТРАТОВ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....	316
Sukhanova E.V., Shtykova Y.R. ENZYMATIC ACTIVITY OF HETEROTROPHIC STRAINS FROM BIOFILMS SOLID SUBSTRAT ELITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL.....	317
Сыкилинда Н.Н., Горшкова А.С., Бондарь А.А., Кабилов М.Р., Кадыков В.А., Курочкина Л.П., Месянжинов В.В., Дрюккер В.В., Мирошников К.А. ГЕНОМЫ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХ НОВЫХ БАКТЕРИОФАГОВ PSEUDOMONAS AERUGINOSA СЕМЕЙСТВА SIPHOVIRIDAE ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....	318
Sykilinda N.N., Gorshkova A.S., Bondar A.A., Kabilov M.R., Kadykov V.A., Kurochkina L.P., Mesyanzhinov V.V., Drucker V.V., Miroshnikov K.A. GENOMES AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TWO NEW PSEUDOMONAS AERUGINOSA BACTERIOPHAGES OF THE SIPHOVIRIDAE FAMILY FROM LAKE BAIKAL.....	319

Филиппова С.Н., Сургучева Н.А., Акимов В.Н., Сорокин В.В., Складнев Д.А., Карнышева Э.А., Брушков А.В., Гальченко В.Ф. БАКТЕРИОФАГИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ	319
Filipova S.N., Surgucheva N.A., Akimov V.N., Sorokin V.V., Skladnev D.A., Karnysheva E.A., Brushkov A.V., Gal'chenko V. F. BACTERIOPHAGES IN LOW TEMPERATURE SYSTEMS OF ARCTIC AND ANTARCTICA ...	321
Шерышева Н.Г., Ракитина Т.А., Поветкина Л.П., Осипов Г.А. БАКТЕРИОБЕНТОС ОЗЕРА КАНДРЫ-КУЛЬ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)	321
Sherysheva N.G., Rakitina T.A., Povekina L.P., Osipov G.A. BENTHIC BACTERIAL COMMUNITY OF LAKE KANDRY-KUL (BASHKORTOSTAN).....	322
Шорникова Е.А., Мордвинцева А.Ю., Мороз А.Ф., Шавелько А.О. МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ВНУТРИГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ.....	323
Shornikova E.A., Mordvintseva A.Yu., Moroz A.F., Shavelko A.O. MICROBIAL COMMUNITIES OF INTRACITY RESERVOIRS IN MIDDLE PRIOBYE	324
Яценко-Степанова Т. Н., Немцева Н. В., Игнатенко М. Е. РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДОЕМОВ АРИДНЫХ ЗОН	324
Yatsenko-Stepanova T.N, Nemtseva N.V, Ignatenko M.E. MICROBIAL COMMUNITIES DIVERSITY IN INLAND WATERS OF ARID ZONES	325
Ahn T.S., Parfenova V.V., Jung D. NEW METHOD for bacteria Cultivation from endemic baikalian sponges	325
LIST OF PARTICIPANTS	327

PROCEEDINGS OF EDUCATIONAL SCHOOL МАТЕРИАЛЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

A PRIMARY BIOLOGICAL ATMOSPHERIC AEROSOLS

Jaenicke R.

Institute for Physics of the Atmosphere, University Mainz, Germany
jaenicke@uni-mainz.de

“Quantitative PCR and microscopy revealed that viable bacterial cells represented on average around 20% of the total particles in the 0.25 to 1 μm diameter range ... suggesting that bacteria represent an important and underestimated fraction of micrometer-sized atmospheric aerosols” (DeLeon-Rodriguez, *et al*, 2013). Even if that statement covers only a certain situation and a certain part of the troposphere, it clearly shows that primary biological aerosol particles are a major fraction of the atmospheric aerosol.

While most primary particles of the atmospheric aerosol (maritime, mineral, etc) have sources limited to certain regions of the world, like the oceans, the deserts, etc, the primary biological aerosol particles (PBAP) are produced from all available surfaces (including leafs) of the world. The continental biosphere (leaves, animals, dead subjects) is a source for primary biological particles. Since the oceans are full of biological (dead and alive) material, each ejected sea spray particle contains biological material. Rock varnish may contain considerable amounts of biological material which sometimes may be responsible for the gel like or lacquer like appearance of the surface. The grey or black films may sometimes consist predominantly of dry cyanobacteria.

Rocks outside of deserts often are also covered by a varnish. Parts of biological soil crusts can also be ablated from desert surfaces and all these particles may contribute to the content of biological material in dust transported over long distances during storms (Despres *et al* 2012). In addition recent studies in Japan suggest that numerous culturable bacteria are transported with Asian dust over the East China Sea from the arid and semi-arid regions of Asia.

In the last years much research effort had been directed to the role of biological particles as ice nuclei and in forming clouds and rain. It is well known, that biological material acts much earlier (in term of freezing) than mineral (inorganic) material. So the cryosphere (deposited precipitation) is full of biological material. Resuspension of ice crystals then might add to the primary biological atmospheric aerosols.

Atmospheric biological particles have also an impact on hygiene and could cause adverse respiratory effects on humans.

References

- DeLeon-Rodriguez N. *et al*. 2013. Microbiome of the upper troposphere: Species composition and prevalence, effects of tropical storms, and atmospheric implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1212089110
- Després V.R. *et al*. 2012. Primary Biological Aerosol Particles in the Atmosphere: A Review. *Tellus B*, 64, 015598
- Boucher O. *et al*. 2013. Clouds and Aerosols. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

OOCYTE NUCLEAR STRUCTURES IN PRORHYNCHID TURBELLARIANS

Bogolyubov D.S.

Institute of Cytology, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg
dmitr@mail.cytspb.rssi.ru

The family Prorhynchidae (order Lecithoepiheliata) is a highly specialized group of turbellarian worms. In the lake Baikal, there is an autochthonous center of prorhynchid speciation. The Baikal prorhynchids are presented by eight endemic species of the genus *Geocentrophora* and one subspecies, *Prorhynchus stagnalis baikalensis*. The cosmopolitan species, *G. baltica* and *G. sphyrocephala*, widespread in the European part of Russia, are considered the closest to the progenitor species of *Geocentrophora* in Baikal.

The striking feature of the prorhynchid female reproductive system is oocyte development within morphologically stable follicle-like entities, the wall of which is formed by the specialized yolk cells (aka vitellocytes). Unlike the most other Plathelminthes–Neophora, the vitellocytes of prorhynchids display certain cytological features resembling those of the nurse cells (aka trophocytes). The latter cells

are the integral part of the ovaries in animals with the alimantal, or polygenomic, according to the modern classification, type of oogenesis. Besides the origin shared with the oocytes, these features include the following: (i) the observed increase in ploidy of the nuclei of the well-differentiated yolk cells (however, it does not exceed 4c), and (ii) formation of microvilli and the occurrence of pinocytotic activity at the apical surface of the cells. The signs of pinocytotic activity were also revealed in the cortical ooplasm, at the border with the yolk cells. However, it is still unknown which substances may come into the oocyte from the yolk cells. It should be emphasized that direct cytoplasmic connections between the oocytes and the accessory cells, indicative for the polygenomic oogenesis type, are absent in the follicles of Prorhynchidae. At the same time, one of the strict signs of the alimentary-like oogenesis of Prorhynchidae is early cessation of ribosomal RNA synthesis in the oocyte. Correspondingly, in the Baikal and “European” (cosmopolitan) *Geocentrophora* species studied, oocyte nucleolus is being transformed into a perfectly spherical fibrillar body (the postnucleolus), inactive in RNA synthesis. The postnucleolus accumulates certain non-nucleolar compounds, including pre-mRNA splicing factors. This body resembles morphologically the “central body” of the inverted karyosphere in mammalian oocytes. In *Prorhynchus*, according to the literature data, the postnucleolus does not form, and the nucleolus, losing its granular component, is gradually vacuolated and disappears.

In spite of the fact that due to known technical problems we were not able to visualize directly the sites of transcription in the nuclei of prorhynchid growing oocytes (*e.g.*, using bromouridine triphosphate microinjections), ultrastructural and immunocytochemical characteristics of the nucleoplasm provide evidence that the oocyte nucleus retains RNA polymerase II-dependent transcription. First, while an oocyte grows at the diplotene stage of meiotic prophase, chromatin does not undergo condensation resulting in formation of the karyosphere, which is a characteristic attribute of the nucleus of oocytes developing by the nutrimental (polygenomic) type. Second, the perichromatin nuclear zones, the border areas between chromatin and the interchromatin space, were found rich in perichromatin fibrils. In the perichromatin zones of the prorhynchid oocyte nucleus, we localized splicing factors of pre-mRNA with the use of immunogold-labeling electron microscopy and the following antibodies: against the symmetrical dimethylarginines (sDMA), which form the “Sm-epitope” of small nuclear (sn) RNPs, the trimethyl guanosine (TMG) cap of snRNAs, and the serine/arginine (SR) protein SC35 (SRSF2). Besides, using double immunolabeling with simultaneous employment of antibodies against double-stranded DNA and several molecular factors involved directly in RNA polymerase II-dependent transcription, we revealed the hyperphosphorylated (elongating) form of RNA polymerase II itself, TATA-binding protein TBP (a component of the basal transcription factor TFIID), and transcription co-activators CBP/p300 in the perichromatin zones of the oocyte nucleus. Extrachromosomal nuclear bodies — the counterparts of Cajal bodies and interchromatin granule clusters, which currently are supposed to be the most universal and evolutionarily conserved nuclear organelles involved in the processes of gene expression — were revealed in the nucleoplasm, as well.

The data presented confirm the assumption made earlier that in the case of the unique type of polygenomic oogenesis of prorhynchids, the nucleus of growing oocyte substantially retains functional features that characterize oogenesis of more ancient type – solitary or autotrophic type.

This study was partially supported by the Russian Fund for Basic Research (grants No. 04-04-48080, 06-04-48904, and 15-04-01857).

ЯДЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ ООЦИТОВ ТУРБЕЛЛЯРИЙ-ПРОРИНХИД

Боголюбов Д.С.

Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург

dmitr@mail.cytspb.rssi.ru

Семейство Prorhynchidae (отр. Lecithoepiheliata) – высокоспециализированная группа ресничных червей. В оз. Байкал присутствует автохтонный очаг видообразования проринхид, которые представлены 8-ю эндемичными видами рода *Geocentrophora* и одним подвидом *Prorhynchus stagnalis baikalensis*. Виды-космополиты *G. baltica* и *G. sphyrocephala*, распространенные в европейской части страны, считают наиболее близкими к исходным предковым формам байкальских геоцентрофор.

Яркая особенность строения женской половой системы проринхид – развитие ооцита в составе морфологически стабильных фолликулоподобных образований, стенка которых образована специализированными желточными клетками (вителлоцитами). В отличие от подавляющего большинства других Plathelminthes-Neophora вителлоциты проринхид демонстрируют некоторые цитологические черты сходства с питающими клетками (трофоцитами), присутствие которых в яичниках характеризует животных с алиментарным (нутриментарным), или полигенным (по современной классификации), типом оогенеза. К этим чертам помимо общего происхождения с ооцитами можно отнести наблюдаемое увеличение плоидности ядер дифференцированных вителлоцитов (правда, незначительное, до 4c), развитие

микроворсинок на апикальной поверхности и пиноцитозную активность. Признаки пиноцитозной активности обнаружены также и в кортикальной ооплазме, на границе с желточными клетками. Однако неизвестно, какие вещества могут поступать в ооцит из желточных клеток. Следует подчеркнуть, что прямые цитоплазматические связи между ооцитом и вспомогательными клетками, характерные для полигенного оогенеза, в фолликулах проринхид отсутствуют. Вместе с тем, ярким признаком «алиментарности» оогенеза проринхид является раннее прекращение синтеза ооцитом рибосомных РНК. При этом у исследованных видов байкальских и «европейских» геоцентрофор ядрышко преобразуется в транскрипционно неактивное фибриллярное образование правильной сферической формы (постъядрышко), которое накапливает некоторые неядрышковые компоненты, включая факторы сплайсинга пре-мРНК, и морфологически напоминает «центральное тело» инвертированной кариосферы ооцитов млекопитающих. У *Prorhynchus*, по данным литературы, постъядрышко не формируется, а инактивированное ядрышко, утрачивая гранулярный компонент, постепенно вакуолизируется, фрагментируется и резорбируется.

Несмотря на то, что технически не удалось напрямую визуализировать сайты транскрипции в ядрах растущих ооцитов проринхид (например, с помощью инъекций бромуридинтрифосфата), ультраструктурные и иммуоцитохимические характеристики нуклеоплазмы свидетельствуют о сохранении ядром растущего ооцита транскрипции, осуществляемой РНК-полимеразой II. Во-первых, в ходе роста ооцита (диплотена профазы мейоза) хроматин не претерпевает конденсации, приводящей к формированию кариосферы – характерному атрибуту ядра ооцитов, развивающихся по нутриментарному (полигенному) типу. Во-вторых, перихроматиновые зоны ядра – пограничные области между хроматином и интерхроматиновым пространством – богаты перихроматиновыми фибриллами. В перихроматиновых участках ядра ооцитов проринхид с помощью иммуоэлектронной микроскопии локализованы факторы сплайсинга пре-мРНК с помощью антител к симметричным диметиларгининам (sDMA), образующим Sm-эпитоп малых ядерных (sn) РНК, а также к триметилгуанозинового кэпу snРНК и SR-белку SC35 (SRSF2). Кроме того, с помощью двойного иммуномечения с одновременным использованием антител к двухцепочечной ДНК и некоторым молекулярным факторам, напрямую связанным с транскрипцией, осуществляемой РНК-полимеразой II, показано присутствие в перихроматиновых участках ядра ооцитов гиперфосфорилированной (элонгирующей) формы самой РНК-полимеразы II, ТАТА-связывающего белка ТВР (компонента базального фактора транскрипции TFIID) и белков-коактиваторов транскрипции СВР/p300. В нуклеоплазме обнаружены и экстрахромосомные тельца – аналоги телец Кахала и кластеров интерхроматиновых гранул, которые, по современным представлениям, являются наиболее универсальными и эволюционно консервативными ядерными доменами, вовлеченными в процессы, непосредственно связанные с экспрессией генов.

Приведенные данные подтверждают высказанное ранее предположение о том, что при уникальном типе полигенного оогенеза проринхид ядро растущего ооцита по существу сохраняет функциональные черты, характеризующие оогенез эволюционно более древнего типа – солитарного (автотрофного).

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты 04-04-48080, 06-04-48904 и 15-04-01857).

PHAGES OF LAKE BAIKAL: CURRENT SCIENTIFIC MYSTERY OF NANOWORLD

Drucker V.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

drucker@lin.irk.ru

At the end of the previous century, high abundance of bacterial viruses (bacteriophages) has been recorded in seas and oceans – up to 10^8 particles/ml (Bergh O. et. al., 1989). This value is significantly lower than that of bacteria in the water. It has been established that viruses of marine organisms are powerful biological factors playing a key role in the control of abundance and diversity of hosts in plankton and benthos (Wommack K., Colwell R., 2000). Similar investigations of freshwater ecosystems were started later. These studies are undoubtedly of great interest since the mechanisms of formation and preservation of water quality in freshwater ecosystems, functioning in different climatic zones at different morphometry, depths, age of aquatic ecosystems, and hydrological conditions have not been elucidated yet. The first investigations of bacteriophages in the oligotrophic Lake Baikal were performed in 1997 (Drucker, Maslennikov, 1998). In further studies, taxonomic diversity, seasonal abundance dynamics, and size spectrum of autochthonous bacteriophages from different depths of the lake were analyzed using transmission electron microscopy (Drucker, Dutova, 2003, 2006, 2009). A new trophic chain was established in the lake ecosystem.

Phages (size in nanometers) parasitize on bacterial cells or integrate with the host DNA and exist in this cell or reproduce within the bacterial cell lysing it. In nature, phages due to their numerous abundance affect the global processes occurring in the biosphere. To-date, phages have been detected in Lake Baikal in the neuston film (virioneuston), in the water column (virioplankton) and in microbial benthic communities (virioibenthos). To reveal ecological importance of phages in aquatic ecosystems and determine mechanisms of their functioning, it is necessary to identify functional types of bacteriophages and infections caused by them in Lake Baikal which are a great number in nature:

- 1) obligate lithic phage unable to cause lysogenic infection;
- 2) temperate phage able to cause productive or lysogenic infection;
- 3) prophage, a phage genome, able to exist either within bacterial chromosomes or as plasmids in the cytoplasm;
- 4) filamentous phage causing chronic productive infection;
- 5) tailed phage causing lithic productive infection;
- 6) lysis of phage – lysis of a bacterium infected by a phage; their lysis value is a number of phages lysed;
- 7) chronic infection by phages – this is productive phage infection when the infection of a bacterium does not stop and phage particles are produced;
- 8) destructive infection by phages – phage infection when the phage is inactivated: there is neither productive nor reductive infection;
- 9) immediate lithic infection by phages;
- 10) induced lithic infection;
- 11) induced productive infection;
- 12) lysogenic infection;
- 13) lithic infection;
- 14) inhibition of lysis;
- 15) productive infection;
- 16) pseudolysogenic infection;
- 17) reductive infection;
- 18) superinfection;
- 19) secondary adsorption;
- 20) multiple infection;
- 21) resistance to superinfection;
- 22) lysogen;
- 23) optional host etc.

We have already investigated some of these problems. However, the majority of them are still under study. Similar investigations of phage functioning are necessary for understanding fundamental and applied aspects (biotechnology) in the XXI century – a “century of virology”.

ФАГИ ОЗЕРА БАЙКАЛ – СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ ТАЙНА НАНОМИРА

Дрюккер В.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
drucker@lin.irk.ru

В конце прошлого столетия была установлена высокая численность вирусов бактерий (бактериофагов) в морях и океанах – до 10^8 частиц/мл (Bergh et. al., 1989), что значительно превышает количество бактерий в воде. Уже выяснено, что вирусы морских микроорганизмов относятся к числу мощных биологических факторов и играют ключевую роль в контроле численности и многообразия хозяев в планктоне и бентосе (Wommack, Colwell, 2000). На пресноводных экосистемах подобные исследования начались позже и представляют несомненный приоритетный интерес, поскольку до сих пор не ясен механизм формирования и поддержания качества их вод, функционирования в целом в различных климатических зонах, при различной морфометрии и глубинах, возрасте водоемов, гидрологических условиях в бассейне и т.д. при отсутствии антропогенного воздействия. На олиготрофном озере Байкал первые исследования бактериофагов были проведены в 1997 г. (Дрюккер, Масленников, 1998). В дальнейшем при использовании трансмиссионной электронной микроскопии было изучено таксономическое разнообразие, сезонная динамика численности, размерный спектр автохтонных бактериофагов на различных глубинах озера (Дрюккер, Дутова, 2003, 2006, 2009) – было установлено новое трофическое звено экосистемы озера.

Размеры фагов исчисляются в нанометрах (межмолекулярные расстояния), они паразитируют на бактериальных клетках, либо встраиваются в ДНК хозяина и продолжают существовать в такой клетке, либо размножаются в бактериальной клетке, лизируя ее. В

природных условиях фаги, в виду своей многочисленности, оказывают крупномасштабное влияние на глобальные процессы в биосфере, которые еще только начинают изучаться в связи с методическими сложностями. В настоящее время в озере Байкал обнаружены фаги в нейстонной пленке – вирионейстон, в водной толще – вириопланктон и в микробных сообществах дна – вириобентос (Дрюккер, Дутова, 2015). Для выяснения экологического значения фагов в водных экосистемах и расшифровки механизмов функционирования их необходимо в первую очередь установить функциональные типы бактериофагов и виды инфекций, вызываемые ими в озере Байкал, которых в природе достаточно много, а именно: 1. облигатный литический фаг – при заражении не способен оказывать лизогенное заражение; 2. умеренный фаг – может оказывать либо продуктивное, либо лизогенное заражение; 3. профаг – фаговый геном, который может существовать либо внедренным в бактериальные хромосомы, либо как плазмиды в цитоплазме; 4. нитчатый фаг – оказывает хроническое продуктивное заражение; 5. хвостатый фаг – оказывает литическое продуктивное заражение; 6. выход фага – лизис зараженной фагом бактерии, выделяющей свободные фаги; 7. хроническое заражение фагами – это продуктивное фаговое заражение, когда инфекция бактерии не прекращается, фаги продуцируются; 8. деструктивная инфекция фагами – фаговое заражение, когда фаг инактивирован так, что не происходит ни продуктивного, ни редуکتивного заражения; 9. немедленное литическое заражение; 10. индуцированное литическое заражение; 11. индуцированное продуктивное заражение; 12. лизогенное заражение; 13. литическое заражение; 14. подавление лизиса; 15. продуктивное заражение; 16. псевдолизогенное заражение; 17. редуکتивное заражение; 18. суперинфекция; 19. вторичная адсорбция; 20. множественное заражение; 21. устойчивость к суперинфекции; 22. лизоген; 23. факультативный хозяин и др. Малая часть этих вопросов нами уже изучена, но остается большое их количество без ответов. Подобные приоритетные исследования структуры и функционирования фагов в водных экосистемах необходимы для понимания фундаментальных и прикладных аспектов экологии XXI века – «века вирусологии».

RESULTS OF MODELING AND EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF ECOSYSTEMS OF LARGE LAKES OF EURASIA

Filatov N.¹, Panin G.², Diansky N.³, Ibraev R.³, Nazariova L.¹, Golosov S.¹, Viriuchalkina T.²

¹Northern water problems institute Karelian Research center RAS, Petrozavodsk, Russia

²Water Problems Institute RAS, Moscow, Institute of Numerical mathematic RAS, Moscow, Russia

³Institute of Numerical mathematics RAS, Moscow, Russia
nfilatov@rambler.ru

In the report discuss the current problems of modeling and experimental studies of large stratified lakes of Eurasia, such as Ladoga, Onego and the Caspian Sea-Lake, to assess their condition and prognosis of hydrological regime and ecosystem under different scenarios of anthropogenic impact and climate changes. Problems of development and use of modern methods of improving of monitoring and mathematical modeling, creation of methodological bases for understanding the ecosystem water conditions and better prediction of aquatic ecosystems under anthropogenic and climate changes are under consideration. The issues to minimize threats of anthropogenic eutrophication, assessment of carrying capacity, recovery of lake systems and improve integrated water management systems. The issues of development of legislation to restore and preserve the unique water bodies of strategic importance for the Russian economy.

Acknowledgements. This work is based on the results of Grant RSF № № 14-17-00740 and RFBR № 14-05-00663.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ КРУПНЕЙШИХ ОЗЕР ЕВРАЗИИ

**Филатов Н.Н.¹, Панин Г.Н.², Дианский Н.А.³, Ибраев Р.А.³, Выручалкина Т.Ю.²,
Голосов С.Д.¹, Назарова Л.Е.¹**

¹Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск

²Институт водных проблем РАН,

³Институт вычислительной математики РАН, Москва
nfilatov@rambler.ru

Обсуждаются актуальные проблемы моделирования и экспериментальных исследований крупных стратифицированных озер Евразии, таких как Ладожское, Онежское и Каспийское море-озеро, для оценки их состояния и прогноза гидрологического режима и экосистем при разных

сценариях антропогенной нагрузки и изменений климата. Обсуждаются проблемы совершенствования и внедрения современных методов мониторинга и математического моделирования, создания методологических основ экосистемного водопользования для понимания состояния и совершенствования прогнозирования изменений водных экосистем при антропогенных и климатических изменениях. Рассматриваются вопросы минимизации угроз антропогенного эвтрофирования, оценки ассимиляционного потенциала, восстановления озерных систем и совершенствования систем интегрированного управления водопользованием. Обсуждаются вопросы разработки законодательных актов для восстановления и сохранения уникальных водных объектов, имеющих стратегическое значение для экономики России.

Работа выполняется по грантам РФФИ № 14-17-00740, РФФИ 14-05-00663.

PROGRESS REPORT ON DIATOM BIOFUEL PRODUCING SOLAR PANNELS

Gordon R.

Embryogenesis Center, Gulf Specimen Aquarium & Marine Laboratory, Panacea, USA
DickGordonCan@gmail.com

In 2009 I proposed that diatoms be confined at stationary phase of growth in solar panels in which they would continue to produce organic compounds suitable for biofuel in the form of oil droplets (Ramachandra et al., 2009), otherwise known as lipid droplets or oleosomes. Diatom biofuel solar panels would not contribute to carbon emissions, would allow for local production of gasoline, perhaps at every home, would solve the problem of energy storage during periods of low sunlight as gasoline has high energy content far beyond Pb batteries and is easy to store, would reduce the need for a petrol distribution industry, and would completely change to geopolitics of oil (Gordon & Poulin, 2012). The work proceeds apace with colleagues in Canada, Egypt, France, India and USA. We have found ways of removing the oil using little or no additional energy. This is a vast improvement over traditional ways of producing biofuel from algae, which required destruction of the cells and energy intensive separation of the oil from the biomass and water. In our approach, the diatoms are “milked” for their oil (Vinayak et al., 2015), and microfluidic methods are used to then separate the oil from the culture medium. We invite collaboration on a number of problems that need to be addressed to bring this vision to fruition: 1) thermophilic diatoms need to be investigated for their ability to produce lipids at high temperatures (we are culturing diatoms obtained from Hot Lake, Washington, USA); 2) some diatoms produce octane or octane (as a teratogen against their predators), so selective breeding and/or genetic engineering might yield diatoms with high octane biofuel; 3) the physiology of diatoms at stationary growth, especially when being milked in that state, needs to be understood; 4) alternative methods of milking the diatoms need to be investigated and compared, including mechanical or electric stimulation, spontaneous oozing (Vinayak et al., 2014), and microcentrifugation; 5) the engineering design for maximal use of light, cooling, retention of water and nutrients, efficient gas transport (CO₂ and O₂) in and out, and separation of the oil from the medium, has to be simultaneously optimized for these factors.

References

- Gordon R., Poulin B.J. 2012. Quitting cold turkey: rapid oil independence for the USA. In: *The Science of Algal Fuels: Phycology, Geology, Biophotonics, Genomics and Nanotechnology*. Ed.: R. Gordon & J. Seckbach. Dordrecht, Springer. 3-20.
- Ramachandra T.V., Mahapatra D.M., Karthick B., Gordon R. 2009. Milking diatoms for sustainable energy: biochemical engineering versus gasoline-secreting diatom solar panels. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 48 (19, Complex Materials II special issue, October), 8769-8788.
- Vinayak V., Gordon R., Gautam S., Rai A. 2014. Discovery of a diatom that oozes oil. *Advanced Science Letters* 20 (7-9, Special issue: National Conference on Nanotechnology and Renewable Energy, Jamia Millia Islamia, New Delhi, April 28-29, 2014), 1256-1267.
- Vinayak V., Manoylov K.M., Gateau H., Blanckaert V., Penchreac'h G., Hérault J., Marchand J., Gordon R., Schoefs B. 2015. Diatom milking: a review and new approaches. *Mar. Drugs*, in press.

REGIONAL CHARACTERISTICS OF HYDRATE-BOUND HYDROCARBONS IN LAKE BAIKAL

Hachikubo A.¹, Oota Y.¹, Sakagami H.¹, Minami H.¹, Yamashita S.¹, Takahashi N.¹, Shoji H.¹, Khlystov O.², Kalmychkov G.³, De Batist M.⁴

¹Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan

²Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

³Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, Irkutsk, Russia

⁴Renard Centre of Marine Geology, Ghent University, Ghent, Belgium

Lake Baikal is the solitary example of hydrate-bearing area in the environment of fresh water. Recently, Multi-phase Gas Hydrate Project (MHP-I and II, 2009-2014), the international collaboration between Japan, Russia, and Belgium, has revealed distribution of gas hydrate in sub-bottom sediment at the southern and central Baikal basins. In the cruise of VER14-03 (MHP II-14) we obtained gas hydrate crystals from four new places (Kukuy K-5, Khoboy, Akadem Ridge, and Barguzin) at the central Baikal basin. We focus on the characteristics of hydrate-bound gases at these sites, compare with those obtained from other sites, and introduce the unique characteristics of hydrate-bound gas in Lake Baikal.

We measured molecular and stable isotope compositions of hydrate-bound samples. According to the $C_1/C_2 - C_1 \delta^{13}C$ diagram (Bernard *et al.*, 1976), the $\delta^{13}C - \delta D$ diagram for C_1 (Whiticar, 1999), and the $C_1 \delta^{13}C - C_2 \delta^{13}C$ diagram (Milkov, 2005), we found the following gas characteristics. Hydrocarbons at the Khoboy, Akadem Ridge, and Barguzin are microbial origin, and those of Kukuy K-5 is in the field of mixed-gas between microbial and thermogenic gases. In the "Bernard diagram", hydrate-bound hydrocarbons of Kukuy K-5 locate on the mixing line of microbial gas at the Kukuy K-9 and thermogenic gas at the Kukuy K-4, those are the end members at the Kukuy Canyon area. $C_2 \delta^{13}C$ of the hydrate-bound gas at the the Khoboy, Akadem Ridge, and Barguzin are low (less than 50‰), indicating microbial C_2 . Such light C_2 in the hydrate-bound gas has been observed at the Krasnyi Yar and Peschanka P-2 at the southern Baikal basin, and the Ukhan and Unshuy at the central Baikal basin. The site Barguzin locates only 7 km distance from the site Gorevoy Utes, where oil-stained gas hydrate with thermogenic gas was retrieved.

PRESENT-DAY CHEMICAL COMPOSITION OF HABITATS FOR BAIKAL ORGANISMS

Khodzher T.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

khodzher@lin.irk.ru

For many years researchers of Limnological Institute have been performing comprehensive monitoring of habitats for Baikal organisms. In 2010-2014, eight Baikal expeditions were carried out on board R/Vs "Vereshchagin" and Koptyug" to investigate qualitative and quantitative composition of dominant groups of phyto- and bacterioplankton, zooplankton, gas composition, nutrients, organic carbon and persistent organic pollutants in the entire pelagic area of Lake Baikal. These field studies were fulfilled within the National Programs VII.62.1.3 and VIII.76.1.5. Water for analysis was sampled at 20 deep sites and 5 cross-sections around the entire water area of Lake Baikal. The water was also sampled in the mouths of large tributaries of the lake. During each expedition the researchers collected approximately 350 samples. Enormous amount of data was obtained on chemical composition of Baikal water. On board the R/Vs, the researchers determined pH, analyzed gas components and nutrients. Major ions, organic matter, including persistent organic pollutants, were analyzed in laboratories of the Institute. In 2010, the detailed survey of trace elements of Baikal water and water of the Selenga River was performed (Chebykin *et al.*, 2013; Usoltseva *et al.*, 2015).

Based on these data and results of previous investigations (Votintsev, 1961; Falkner *et al.*, 1991; Grachev *et al.*, 2004; Domysheva, 2009), it was established that the ionic composition of water was stable at all depths in the open parts of the lake with expressed seasonal variability, vertical stratification and latitude differences in dynamics of nutrients, organic matter and gas components. Like in the previous years of investigations, in 2010-2014 the dynamics of nutrients in the pelagic area of Lake Baikal depended on phytoplankton productivity and was registered within long-term variations. The content of mineral and total phosphorus in the Baikal water varied from 2 to 10 $\mu\text{g/l}$ and from 5 to 13 $\mu\text{g/l}$, respectively. Organic and total carbon ranged in the surface water from 1.1 to 1.8 mg/l and from 11.0 to 14.3 mg/l , respectively. The share of organic carbon in total carbon averaged 9.0%. Concentrations of oil products in surface waters of the lake accounted for 10 $\mu\text{g/l}$, 5-7 $\mu\text{g/dm}^3$ in the water column and bottom layer, including n-alkanes 0.15 $\mu\text{g/l}$ and PAH 0.012 $\mu\text{g/l}$ (Gorshkov *et al.*, 2010).

For the past decade, detailed investigations of seasonal dynamics of gas composition and nutrients of Lake Baikal have been performed in the littoral area of Southern Baikal (Golobokova *et al.*, 2009; Domysheva *et al.*, 2010, 2012; Domysheva *et al.*, 2013), whereas the entire perimeter of the lake has been intensely studied for the past two years. The results obtained show that the waters of the littoral area of Lake Baikal were polluted by nutrients (in the settlement of Listvyanka, towns of Severobaikalsk, Baikalsk, Slyudyanka and others, in Maloye More and Chivyrkuy Bay). This pollution was caused by unsatisfactory operations of sewage treatment plants and numerous tourists visiting these areas. Concentrations of nutrient (phosphate up to 1.3 mg/l and nitrate up to 1.0 mg/l) were close to those recorded in eutrophic aquatic ecosystems (Kravtsova *et al.*, 2012; Tomberg *et al.*, 2012). The littoral area of the lake ecosystem responded to the increase of nutrient concentrations by disturbance of the belt structure of phytobenthos and mass development of filamentous algae of the genus *Spirogyra* sp. at

depths of 2-10 m (Kravtsova et al., 2014) and other higher plants, which negatively affected the littoral biocenosis of the lake (Timoshkin et al., 2012, 2014).

СОВРЕМЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ БАЙКАЛЬСКИХ ОРГАНИЗМОВ

Ходжер Т.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

khodzher@lin.irk.ru

В течение многих лет в Лимнологическом институте осуществляется комплексный мониторинг среды обитания байкальских организмов. В 2010-2014 гг. с целью изучения качественного и количественного состава доминантных групп фито и бактериопланктона, зоопланктона, газового состава, биогенных элементов, органического углерода, стойких органических веществ в воде по всей пелагиали Байкала в рамках государственных заданий № VII.62.1.3. № VIII.76.1.5 проведено восемь кругобайкальских экспедиций на НИС «Верещагин», «Коптюг». Отбор воды на химический анализ производился на двадцати глубоководных станциях и пяти поперечных разрезах по всей акватории Байкала. Вода отбиралась и в устьях крупных притоков озера. В каждой экспедиции отбиралось около 350 проб, что позволило собрать большой массив данных по химическому составу воды озера. На НИС определялась величина pH, анализировались компоненты газового состава, биогенные элементы. Главные ионы, органическое вещество, в том числе стойкие органические загрязнители, определялись в лабораторных условиях в Институте. В 2010 году проведена подробная съемка по анализу микроэлементного состава байкальской воды, и вод р. Селенги (Чебыкин и др., 2013, Усольцева и др., 2015).

На основании большого массива полученных данных и результатов предыдущих исследований (Вотинцев, 1961; Фолкнер и др., 1991; Грачев и др., 2004; Домышева, 2009) установлена стабильность ионного состава воды открытых участков озера на всех его глубинах, при выраженных сезонных изменениях, вертикальной стратификации и широтных различиях в динамике биогенных элементов, органического вещества, компонентов газового состава. Динамика концентраций биогенных элементов в пелагиали озера за 2010-2014 гг., как и по предыдущим исследованиям, зависит от продуктивности фитопланктона и находится в пределах многолетних колебаний. Распределение минерального фосфора в водах Байкала варьируют: от 2 до 10 мкг/дм³, общего от 5 до 13 мкг/дм³. Содержание органического углерода в поверхностных водах изменяется от 1,1 до 1,8 мг/дм³, общего от 11,0 до 14,3 мг/дм³. Доля органического углерода в общем углероде составила в среднем 9,0 %. Содержание нефтепродуктов в поверхностных водах не превышает 10 мкг/дм³, в водной толще и придонном слое - 5-7 мкг/дм³, в том числе n-алканов - 0,15 мкг/дм³, ПАУ - 0,012 мкг/дм³. (Горшков и др., 2010).

Детальные сезонные исследования динамики газового состава, биогенных элементов в литоральной области Байкала проводятся на протяжении последнего десятилетия в районе Южного Байкала (Голобокова и др., 2009; Домышева и др., 2010, 2012; Domysheva et al., 2013). В последние два года эти работы проводятся по всему периметру озера. В прибрежных районах: п. Листвянка, гг. Северобайкальск, Байкальск, Слюдянка и др., в районе Малого моря, Чивыркуйского залива, в связи с неудовлетворительной работой очистных сооружений, большим потоком туристов идет интенсивное загрязнение вод биогенными элементами, концентрации которых (фосфаты до 1,3 мг/дм³, нитраты до 1,0 мг/дм³) приближаются к таковым анализируемым в эвтрофных водоемах (Кравцова и др., 2012; Томберг и др., 2012). Прибрежная область экосистемы озера отреагировала на увеличение потока питательных веществ нарушением поясной структуры фитобентоса, выраженное в массовом развитии нитчатых водорослей рода *Spirogyra* sp. на глубинах от 2,0 до 10 м (Kravtsova et al., 2014), и другой высшей водной растительностью, которые оказывают негативное влияние на развитие прибрежных биоценозов озера (Тимошкин и др., 2012, 2014).

TAXONOMIC KEYS: FROM DIHOTOMOUS KEYS TO ADAPTIVE EXPERT SYSTEMS

Lyakh A.M.¹, Lelekov S.G.²

¹ Institute of Marine Biological Researches RAS, Sevastopol, Russia

² Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

antonlyakh@taxakeys.org

We investigate evolution of taxonomic keys. We consider dichotomous and polytomous, mono-entry and multi-entry, textual and visual, static and dynamic identification keys; show examples of different keys; describe procedure for translating simple text-visual key named "sheet of taxa" to complex hierarchical interactive system of taxonomic characters.

We coin the conception of “structured diagnosis”. It is a taxonomic diagnosis that followed by strict hierarchical plan in which maximal amount of significant and insignificant taxonomic characters are included. That procedure increases the informativity and taxonomic resolution of diagnostic systems. We propose the algorithm for revealing structure in taxonomic descriptions: design the plan, divide description into elementary characters, enumerate values of characters.

We introduce the theory of fuzzy taxonomic descriptions when expert uses blurred, inaccurate definitions of natural language, which allow ambiguous subjective interpretations. Those descriptions are consequences of raw glossaries of terms. We list the methods for storing fuzzy terms in computer’s database and the rules for elimination of fuzzy descriptions.

We show the differences between identifications keys and taxonomic expert systems. We examine and compare three taxonomic expert systems: Intkey, Lucid and Taxakeys. Taxakeys are described in details. Taxakeys utilizes new taxa characters; works with structured diagnosis; supports excess descriptions, depended characters and fuzzy descriptions of characters; allows interactively building of identification key on the base of minimal amount of information. We describe the mechanism of utilizing new taxonomic knowledge entered in the system by user during organism identification.

ОПРЕДЕЛИТЕЛИ: ОТ ДИХОТОМИЧЕСКИХ КЛЮЧЕЙ К АДАПТИВНЫМ ЭКСПЕРТНЫМ СИСТЕМАМ

Лях А.М.¹, Лелеков С.Г.²

¹ Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

² Севастопольский Государственный Университет, Севастополь, Россия
antonlyakh@taxakeys.org

Доклад посвящен эволюции таксономических определителей. Рассмотрены дихотомические и политомические, одноходовые и многоходовые, текстовые и визуальные, статичные и динамические определительные ключи. Приведены примеры разных типов ключей. Описаны этапы преобразования простейшего текстово-визуального ключа – «простыни таксонов» – в сложную иерархически связанную интерактивную систему признаков.

Введено понятие «структурированных диагнозов», которые составленные по жесткому иерархическому плану, в который включено максимальное количество таксономически значимых и незначимых признаки таксонов. Включение максимального числа признаков повышает информативность и таксономическое разрешение диагностических систем. Предложен алгоритм выявления структуры в описаниях таксонов: составление плана описания, разделение описания на элементарные признаки, перечисление значений элементарных признаков. Приведены критерии дробления признаков на элементарные.

Авторы касаются нечетких описаний таксонов, когда эксперт использует расплывчатые, неточные определения естественного языка, которые допускают неоднозначную субъективную трактовку. Такие описания появляются вследствие сырого терминологического аппарата. Перечислены способы компьютерного представления нечетких понятий и приемы борьбы с нечеткими формулировками.

Показаны отличия определительных ключей от таксономических экспертных систем. Рассмотрены наиболее распространенные оболочки таксономических экспертных систем: Intkey, Lucid, Таксакейс. Перечислены их возможности. Детально описана адаптивная многопользовательская таксономическая экспертная система «Таксакейс». Система обучается идентификации новых таксонов, работает со структурированными диагнозами, поддерживает избыточные описания, зависимые признаки и нечеткие описания признаков на естественном языке, позволяет интерактивно строить определительный ключ по минимальному набору информации. Описан механизм обучения системы опознанию новых таксонов, основанный на утилизации знаний, внесенных пользователями в систему в процессе определения. Предложена концепция распределенных многопользовательских диагностических экспертных систем.

THE SHELL BEDS OF LAKE TANGANYIKA: PALAEOECOLOGY, ENVIRONMENTAL CHANGE AND LIVING SYSTEMS

Michel E.¹, Todd J.A.², Soreghan M.J.³

¹Department of Life Sciences, Natural History Museum, London, UK

²Department of Earth Sciences, Natural History Museum, London, UK

³School of Geology and Geophysics, University of Oklahoma, USA

e.michel@nhm.ac.uk

Shell beds are full-circle, biologically generated habitats for living organisms and key windows on past environments in fossil outcrops and cores. Lake Tanganyika (LT), Africa, has huge carpets of

shell beds; up to 30% of the shallow soft substrate consists of densely packed shelly substrates dominated by the dead shells of a single gastropod species (*Neothauma tanganyicense*). Like other biogenic habitats such as reefs, LT shell beds host a rich, endemic fauna of sponges, fish, molluscs, crabs and other organisms. Some of these appear not only to be specialised on this unique substrate, but to have speciated *in situ* (Winkelmann, et al. 2014, *Nature Communications*).

Ancient shell-rich deposits allow interpretations of paleoecologic and paleobiologic data in both marine and freshwater habitats. However, the conditions for formation, maintenance and time averaging of shell beds are largely unstudied in lake systems, despite their importance ecologically and even as occasional oil reservoirs in fossil systems. In most marine systems, the organisms that contribute to the shell beds typically occur within the living assemblages. Remarkably, there are many extensive LT shell beds with no *Neothauma* documented living on or adjacent to these substrates. If living *Neothauma* currently bear little relation to the shell beds, it suggests that the shell beds are not receiving shelly material over recent times. Instead, we suggest the extensive shell bed deposits of Lake Tanganyika are primarily relictual, and indicate and archive environmental change in Lake Tanganyika over the past few hundreds to thousands of years.

We are assessing this complex geologic-biologic system to determine how the origin and persistence of the shell beds relates to population and evolutionary history of shell bed organisms and to ecosystem structure. Our multi-disciplinary project includes a wide range of approaches, from genetics of *Neothauma* to structural and sedimentological geology of the depositional systems. We have found significant population structuring among living *Neothauma* based on COI DNA sequences, implying restricted gene flow even in this ubiquitous species. Understanding the mechanism of formation of these shell beds is critical for a range of issues from interpretations of paleoclimates to evolutionary inference of the endemism in Africa's rift lakes.

Finally, recent observations suggest these shell beds are impacted by increasing rates of sedimentation caused by anthropogenic land-use changes, but no comprehensive studies have documented the extent of this change. Our preliminary data indicate that modern sediment blankets on the shell beds are thick and extensive enough to 1) preclude sponge growth, and 2) fragment the habitat into isolated patches. The potential impact of this sudden anthropogenic change is likely to be profound for the organisms living on the shell beds, but the ecological health of these ecosystems remains completely unstudied.

CHEMICAL ANALYSIS OF PORE WATERS FROM GAS HYDRATE-BEARING SEDIMENT CORES RETRIEVED AT THE KUKUY CANYON MUD VOLCANOES AND THE OTHER SEEP SITES IN LAKE BAIKAL

**Minami H.¹, Hachikubo A.¹, Yamashita S.¹, Sakagami H.¹, Kasashima R.¹, Oshikiri N.¹, Takahashi N.¹, Shoji H.¹, Khlystov O.², Pogodaeva T.², Khabuev A.², Belousov O.²,
Naudts L.^{3,4}, De Batist M.⁴, Grachev M.²**

¹ Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan

² Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

³ Operational Directorate Natural Environment, Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Ostend, Belgium

⁴ Renard Centre of Marine Geology, Ghent University, Ghent, Belgium
minamihr@mail.kitami-it.ac.jp

Lake Baikal is the only fresh water lake, in the world, which has gas hydrates (GHs) in the lake floor, and it has been one of the most attractive GH study areas in the world (e.g., Kuzmin et al. 1998; Kuzmin et al. 2000; Vanneste et al. 2001; De Batist et al. 2002; Van Rensbergen et al. 2002; Khlystov 2006; Cuylaerts et al. 2012; Naudts et al. 2012; Poort et al. 2012; Khlystov et al. 2013). The Multi-Phase Gas Hydrate Project (MHP) is an international cooperative project to study subsurface GHs in Lake Baikal, organized by Kitami Institute of Technology (KIT, Japan), Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (LIN, Russia), and Renard Centre of Marine Geology, Ghent University (RCMG, Belgium). Shallow GH accumulations have been discovered in subsurface sediments of the Malenky mud volcano (MV) in the southern basin (e.g., Klerkx et al. 2003; Matveeva et al. 2003), and then at 15 other MVs and 6 seep sites in the southern and central basins (e.g., Khlystov 2006; Khlystov et al. 2013) during various projects, including the MHP and MHP II projects. In this study, the chemical analysis of pore waters from GH-bearing sediment cores retrieved at the Kukuy canyon MVs and the other seep sites in Lake Baikal was carried out, within the framework of the MHP and MHP II projects, to characterize the specific/complicated GH-bearing environments involving a flux of free hydrocarbon gas such as methane and/or gas-saturated ascending water from the depth. The field investigation was conducted using the *R/V G.U. Vereshchagin*, operated by LIN. The sediment cores were

retrieved from the lake floor using a steel gravity corer (3.5 m long). Lithological description, sediment subsampling to obtain pore waters, and GH sampling from the core were completed on board immediately after core retrieval. The pore water sampling was completed on board the R/V using a centrifuge. The chemical analyses of water samples were conducted at KIT and LIN. Discussion and possible interpretation about complicated geochemical environments of the GH-bearing sites will be presented based on the chemical ionic/isotopic analyses of water samples such as pore waters, lake bottom waters and GH waters.

ANAEROBIC METHANE OXIDATION IN FRESHWATER ECOSYSTEMS

Pimenov N.V.

Winogradsky Institute of Microbiology, Research Center of Biotechnology RAS,
Moscow, Russia
npimenov@mail.ru

Convincing evidence of anaerobic oxidation of methane (AOM) in marine environments carried out by a consortium of methanotrophic archaea phylogenetically related to methanogens and sulfate-reducing bacteria was obtained about 15 years ago [1, 2]. According to present-day estimates, the biogeochemical turnover of methane includes oxidation of over 50% of this greenhouse gas produced in the ocean in the anaerobic zone. Anaerobic methanotrophic archaea (ANME) belong to several phylogenetic groups and form stable associations with sulfate-reducing deltaproteobacteria.

Investigation of microbial communities of the anaerobic zone of freshwater basins (lakes, bogs, and rivers), as well as of water treatment bioreactors, revealed active AOM at low sulfate concentrations or in the absence of sulfate. AOM is thermodynamically possible with oxidized nitrogen compounds (NO_2^- , NO_3^-) or metals (Fe^{3+} , Mn^{4+}) as terminal electron acceptors. The bacterium *Candidatus* 'Methylomirabilis oxyfera' was recently shown to oxidize methane with nitrite under anoxic conditions; this process involves methane monooxygenase typical of aerobic methanotrophs, which utilizes the oxygen produced inside the cell [3]. Archaea were also found to carry out AOM coupled to denitrification. Metagenomic investigation revealed *Candidatus* 'Methanoperedans nitroreducens' to belong to the ANME-2d cluster and to possess, apart from *mcrA*, also most of the enzymes characteristic of methanogens, as well as nitrate reductase responsible for nitrate reduction to nitrite [4]. Fe-dependent AOM was demonstrated in 2015 by direct measurement of AOM rate in laboratory experiments with ^{13}C - CH_4 [5].

Our works revealed methane oxidation (MO) in Lake Baikal sediments to depend on the geochemical activity of the communities of aerobic and anaerobic microorganisms, which are localized at different depths within the silt layer and are spatially separated by a zone of minimal OM rates. The highest AOM rates (up to $40 \mu\text{mol dm}^{-3} \text{ day}^{-1}$) were observed in reduced sediments above gas hydrate layers (Posolsky Bank) and at oil seepage sites. Thus, similar to marine environments, both aerobic methane oxidation and large-scale AOM undoubtedly occur in gas-bearing and gas hydrate-containing sediments of Lake Baikal, resulting in a considerable decrease of methane inflow from the sediments into the water column. The possible AOM mechanisms in various Lake Baikal sites are discussed.

References

1. Hinrichs K.-U. et al. 1999. Methane-consuming Archaeobacteria in marine sediments. *Nature*. 398. 802-805.
2. Boetius A. et al. 2000. A marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation of methane. *Nature*. 407. 623-626.
3. Ettwig K.F. et al. 2010. Nitrite-driven anaerobic methane oxidation by oxygenic bacteria. *Nature*. 464. 543-548.
4. Haroon M.F. et al. 2013. Anaerobic oxidation of methane coupled to nitrate reduction in a novel archaeal lineage. *Nature*. 500. 567-570.
5. Egger M. et al. 2015. Iron-mediated anaerobic oxidation of methane in brackish cdfstal sediments. *Environ. Sci. Technol.* 49. 277-283.

АНАЭРОБНОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕТАНА В ПРЕСНЫХ ВОДОЕМАХ

Пименов Н.В.

Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского, Федеральный исследовательский центр
«Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия
npimenov@mail.ru

Около 15-ти лет назад были получены убедительные доказательства существования в морских водоемах масштабного процесса анаэробного окисления метана (АОМ), при участии консорциума метанотрофных архей, филогенетически близким к метаногенам, и

сульфатредуцирующих бактерий [1, 2]. По современным оценкам более 50 % метана, образующегося в океане, окисляется в анаэробной зоне, обеспечивая тем самым биогеохимический круговорот этого парникового газа. Анаэробные метанотрофные археи (ANME) включают несколько филогенетических групп и образуют устойчивые ассоциации с сульфатредуцирующими дельта-протеобактериями.

Исследования микробных сообществ анаэробной зоны пресных водоемов (озер, болот, рек), а также биореакторов очистных сооружений, показали, что активный процесс АОМ происходит и при низком содержании или полном отсутствии сульфатов. С термодинамических позиций АОМ может происходить при участии в качестве конечного акцептора электронов альтернативных сульфату окисленных соединений азота (NO_2^- , NO_3^-) и металлов (Fe^{3+} , Mn^{4+}). Недавно установлено, что бактерия *Candidatus 'Methyloirabilis oxyfera'* в аноксигенных условиях окисляет метан нитритом с участием типичной для аэробных метанотрофов метанмонооксигеназы, которая использует образующийся внутри клетки кислород [3]. АОМ сопряженное с денитрификацией обнаружено и у архей. Метагеномные исследования показали, что *Candidatus 'Methanoperedans nitroreducens'* относится к кластеру ANME-2d и имеют наряду с *mcrA* большинство ферментов, присущих метаногенам, а также нитрат редуктазу, ответственную за окисление нитрата до нитрита [4]. В 2015 г. представлены доказательства Fe-зависимого АОМ, основанные на прямом измерении скорости АОМ в лабораторных экспериментах с использованием $^{13}\text{C}\text{-CH}_4$ [5].

Наши исследования показали, что в осадочных отложениях оз. Байкал процессы окисления метана (ОМ) определяются геохимической активностью сообществ аэробных и анаэробных микроорганизмов, которые располагаются на разных глубинах в толще илов и пространственно разделены зоной минимальных скоростей ОМ. Наибольшие скорости АОМ (до 40 мкмоль дм^{-3} сут $^{-1}$) были выявлены в толще восстановленных осадочных отложений над слоем газогидратов в районах Посольской банки и нефтепроявления. Таким образом, не вызывает сомнения, что аналогично морским водоемам в газонасыщенных и газогидрат-содержащих осадочных отложениях оз. Байкал наряду с аэробным происходят масштабные процессы АОМ, значительно снижающие поток метана из осадков в водную толщу. Обсуждаются возможные механизмы АОМ в разных районах оз. Байкал.

Литература

1. Hinrichs K.-U. et al. 1999. Methane-consuming Archaeobacteria in marine sediments. *Nature*. 398. 802-805.
2. Boetius A. et al. 2000. A marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation of methane. *Nature*. 407. 623-626.
3. Ettwig K.F. et al. 2010. Nitrite-driven anaerobic methane oxidation by oxygenic bacteria. *Nature*. 464. 543-548.
4. Haroon M.F. et al. 2013. Anaerobic oxidation of methane coupled to nitrate reduction in a novel archaeal lineage. *Nature*. 500. 567-570.
5. Egger M. et al. 2015. Iron-mediated anaerobic oxidation of methane in brackish cfsal sediments. *Environ. Sci. Technol.* 49. 277-283.

A MOLECULAR PHYLOGENY OF PLANORBIDAE (GASTROPODA, PULMONATA) IN FAR EAST

Saito T.¹, Prozorova L.², Kameda Yu.³, Morii Yu.¹, Fukuda H.⁴, Chiba S.¹

¹Department of Ecology and Evolutionary Biology, Graduate School of Life Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi, Japan

²Institute of biology and soil science, malacological group FEB RAS, Primorskiy, Vladivostok, Russia

³Center for Molecular Biodiversity Research, National Museum of Nature and Science, Tsukuba, Ibaraki, Japan

⁴Conservation of Aquatic Biodiversity, Faculty of Agriculture, Okayama University, Okayama, Japan
saito.zef@gmail.com

The freshwater gastropods Planorbidae are one the most common and diverse families of freshwater pulmonates. Because of their high diversity and limited distribution, planorbid species provide excellent model systems to understand how regional freshwater communities have been created and how geographical patterns of biological diversity have arisen. Recent progresses in phylogenetic analyses of planorbid species have revealed some incongruence between taxonomy and phylogeny, whereas it is still largely unclear how phenotypically delimited species reflect phylogenetic relationships. In the present study, we investigate molecular phylogenetic relationships among the species of Planorbidae in North

East Asia. The inferred phylogeny showed that the Japanese planorbid have been composed of the lineages immigrated from the Asian continent independently in different times. Moreover, interestingly, there are a lot of Planorbini lineages of close relation in not only Hokkaido Isl. but also Honshu Isl. In spite of further investigation, it is possible that this high commonality of Planorbini fauna reflects geologic history of Amur river.

CHANGES OF ICE THERMAL AND WATER REGIME OF LAKE BAIKAL IN 1950-2014

Shimaraev M.N., Sinyukovich V.N., Sizova L.N., Kuimova L.N., Troitskaya E.S.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

shimarae@lin.irk.ru

The study shows the relationship between long-period (inter-century) oscillations of Baikal surface water temperature in summer and NAO activity in winter since the middle of the 20th century. This relationship affects the winter air temperature, ice thickness, and, as a consequence, ice breaking in the lake and beginning of active water warming in spring. This influence was especially obvious since the early 1970s due to the increase of NAO activity accompanied by decrease in the Siberian High (SH). Such combination of circulation processes resulted in the significant warming in winter and reduced the ice period. In summer, the surface water temperature increased, reaching the maximum values of the 20th century by the mid 1990s. The subsequent 1996-2011-2012 periods coincided with the phase of reduced NAO activity followed by more severe winter temperatures and delayed water warming in the lake. However, temperature values during this period were rather higher in comparison with the previous phases of reduced NAO. After 2011-2012, water temperatures began to rise in summer in most areas of the lake. The 10-35-year cycles were clearly defined in the variations of the total surface inflow into Lake Baikal. These cycles were in antiphase with the cycles of air temperature. The phase of inflow decrease, which started in 1996, is still observed. Its annual flow reached abnormally low values (47 km³) in 2014 at the rate of 62.7 km³ in 1962-2014 (the period from the beginning of the Irkutsk Reservoir exploitation).

This work was supported by the Russian Federation Government project VIII.76.1.5.

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДОВО-ТЕРМИЧЕСКОГО И ВОДНОГО РЕЖИМА ОЗЕРА БАЙКАЛ В 1950-2014 ГГ.

Шимараев М.Н., Синюкович В.Н., Сизова Л.Н.,

Куимова Л.Н., Троицкая Е.С.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

shimarae@lin.irk.ru

Показана связь долгопериодных (внутривековых) колебаний температуры поверхности воды Байкала летом с активностью НАО в зимние месяцы с середины XX столетия, влияющая на зимнюю температуру воздуха, толщину льда и, как следствие, на сроки вскрытия озера ото льда и начало активного прогрева воды весной. Это влияние особенно заметно с начала 1970-х гг. благодаря возрастанию активности НАО при одновременном ослаблении Сибирского максимума высокого давления (Sh). Такое сочетание циркуляционных процессов привело к значительному потеплению зимой и сокращению продолжительности ледостава. Летом происходил рост температуры поверхности воды, достигнувшей к середине 1990-х годов наибольших значений за XX столетие. Последующие 1996-2011-2012 гг. приходились на фазу понижения активности НАО с возрастанием суровости зим и ослаблением прогрева озера. Тем не менее, значения температуры в эти годы оставались заметно выше, чем в предшествующие фазы понижения. После 2011-2012 гг. на большей части акватории Байкала температура воды летом стала снова возрастать. В изменении суммарного поверхностного притока в Байкал хорошо выделяются циклы длительностью 10-35 лет, связь которых с циклами температуры воздуха имеет противоположный характер. Фаза уменьшения притока в Байкал, начавшаяся с 1996 г., сохраняется в настоящее время. Его годовая величина достигала в 2014 г. аномально низких значений (47 км³) при норме 62.7 км³ за 1962-2014 гг. (период с начала нормальной эксплуатации Иркутского водохранилища).

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта госзадания VIII.76.1.5.

RECONSTRUCTION OF LAKE BAIKAL LEVEL AFTER REGULATION AND OPTIMAL REGIME FOR USE OF ITS WATER RESOURCES

Sinyukovich V.N.¹, Kurbatova N.N.², Chernyshov M.S.¹

¹Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia

²Irkutsk Hydrometeorological Survey, Irkutsk, Russia

sit@lin.irk.ru

Reconstruction of conventionally natural levels of Lake Baikal done on the base of water balance reconstruction scheme (Sinyukovich, 2005) with some specifications concerning assessment of output from the lake and taking into account discrepancy of water income and outcome. It allowed to assess the occurring changes in lake level regime and the degree of their conformity to practice of regulation of the drainage via Irkutsk Hydroelectric Power Plant (HPP).

The amplitude of perennial changes of observed and reconstructed levels for 1960-2014 (by mean monthly values) was 2.04 and 1.72 m, respectively. The range of annual oscillations of the observed levels varied from 0.43 to 1.62 m, and the range of conventionally natural ones – from 0.45 to 1.61 m. The rate of increase both of reconstructed and regulated levels was in average by 5.1cm/month higher than the intensity of their decrease.

The assessment of time of coming of seasonal extremes in the level suggests their shifting towards later time during regulated regime period. Minimal mean monthly values of conventionally natural levels in all the cases occur in April while for the observed minima, the fraction of this month is ca. 75%. Maximal levels are observed the most often in September, but for reconstructed data, only 85% of all the years are related to September, and for observed ones – 74%. The data obtained suggest both some imperfection of the established drainage regulation regime from Lake Baikal and changes in conditions for formation of its levels. An example of non-efficiency of existing order of Lake Baikal water resources use can be situation with filling and response of the lake under the conditions of anomalously low water income in 2014. This resulted in decrease of lake level by 14 cm lower than minimal allowed value.

To develop the most optimal regime for lake regulation, the established limits of allowed oscillations of its level must be oriented to anomalously low-water or high-water periods rather than mean water level values. It is necessary to develop an algorithm for concrete situations and to foresee the most optimal ways of their solutions.

The time of seasonal extremes of the level and the intensity of its increase and decrease during these or those periods must fit to climatic conditions of any concrete year (time of maximal water income, time of lake freezing and opening, dates of reaching of characteristic values of water temperatures, etc.). Moreover, it is necessary to take into account the modern limitations of allowed levels of the Angara R. lower from Irkutsk both by conditions on near-shore territories non-flooding and for water catchment functioning provision.

To keep normal conditions for functioning of all ecosystem of Lake Baikal, the modern parameters of its water regime must be the most possibly close to natural conditions, which are rather adequately presented in the considered reconstruction of conventionally natural levels. Moreover, compilation of reconstructed and observed level values allows to make conclusions on the degree of occurred transformation of water regime both after building of Irkutsk HPP and during some years or characteristic periods.

The work was financially supported by Russian Foundation for Basic Research (14-45-04086 r_sibir'_a).

РЕКОНСТРУКЦИЯ УРОВНЯ ОЗ. БАЙКАЛ ПОСЛЕ ЗАРЕГУЛИРОВАНИЯ И ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Синюкович В.Н.¹, Курбатова Н.Н.², Чернышов М.С.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутское УГМС, Иркутск, Россия

sit@lin.irk.ru

Восстановление условно-естественных уровней Байкала, выполненное на основе воднобалансовой схемы реконструкции (Синюкович, 2005), с некоторыми уточнениями в части оценки стока из озера и учета невязки прихода-расхода воды, позволило оценить происходящие изменения уровня режима озера и степень соответствия практике регулирования стока через Иркутскую ГЭС.

Амплитуда многолетних изменений наблюдаемых и реконструированных уровней за 1960-2014 гг. (по среднемесячным значениям) составила 2,04 и 1,72 м соответственно. Диапазон внутригодовых колебаний наблюдаемых уровней изменялся от 0,43 до 1,62 м, а условно-

естественных – от 0,45 до 1,61 м. При этом скорость подъема как восстановленных, так и зарегулированных уровней в среднем была на 5,1 см в месяц выше, чем интенсивность их спада.

Оценка времени наступления сезонных экстремумов уровня свидетельствует об их смещении в период зарегулированного режима в сторону запаздывания. Минимальные среднемесячные значения условно-естественных уровней во всех случаях приходится на апрель, тогда как для наблюдаемых минимумов доля этого месяца составляет порядка 75%. Максимальные уровни чаще всего наблюдаются в сентябре, но для реконструированных данных на сентябрь приходится около 85% из всех лет, а для наблюдаемых 74%. Полученные данные свидетельствуют как о некотором несовершенстве устанавливаемых режимов регулирования стока из оз. Байкал, так и об изменении условий формирования его уровней. Примером неэффективности существующего порядка использования водных ресурсов Байкала может служить ситуация с наполнением и сработкой озера в условиях аномально низкой приточности 2014 г., в результате чего уровень озера опускался на 14 см ниже минимально допустимого значения.

Для выработки наиболее оптимального режима регулирования озера назначаемые пределы допустимых колебаний его уровня должны быть ориентированы не на средние условия водности, а учитывать аномально маловодные или многоводные периоды, с разработанным порядком действий в конкретных ситуациях, предусматривающим наиболее оптимальные варианты выхода из них.

Время же сезонных экстремумов уровня и интенсивность его подъемов и спадов в те или иные периоды должны соответствовать климатическим условиям каждого конкретного года (времени максимального притока воды, срокам замерзания и вскрытия озера, датам достижения характерных значений температуры воды и др.). Кроме того, следует учитывать современные ограничения допустимых уровней р. Ангары ниже г. Иркутска как по условиям незатопления прибрежных территорий, так и обеспечения работы водозаборов.

С позиций сохранения нормальных условий функционирования всех звеньев экосистемы оз. Байкал современные параметры его водного режима должны быть как можно ближе к естественным условиям, достаточно адекватно отражаемым рассмотренной реконструкцией условно-естественных уровней. Кроме того, сопоставление реконструированных и наблюдаемых значений уровня позволяет судить о степени произошедшей трансформации водного режима озера как в целом после строительства Иркутской ГЭС, так и в отдельные годы или характерные периоды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (14-45-04086 р_сибирь_a).

BENTHIC COMMUNITIES OF THE DEEP ZONE OF LAKE BAIKAL: STRUCTURE AND FUNCTIONING

**Sitnikova T.Ya.¹, Pogodaeva T.V.¹, Khlystov O.M.¹, Kalmychkov G.V.²,
Mekhanikova I.V.¹, Zemskaya T.I.¹**

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
sit@lin.irk.ru

Various geological structures adjacent to the fault zones are located at the bottom of Lake Baikal. In recent years, using multi-beam echo-sounding, bathymetric survey in combination with seismic data and data of the side-scan sonar, new areas with discharge of fluids and/or mud volcano breccia and deposits of methane hydrates have been mapped and described (Khlystov et al., 2013). Methane discharge into the water column was recorded in all these areas as well as input of chemical compounds, which can serve as additional sources of energy and organic carbon for benthic communities of Lake Baikal. Benthic communities whose life cycle is based on hydrocarbons coming from bottom sediments develop in the regions with methane seeps and mud volcanoes (Zemskaya et al., 2012, 2015). In areas with abnormal composition of pore waters, the abundance of meio- and macrobenthos was 1.5-10 times higher than that in the background areas. Animals inhabiting deep zones of the lake possess various food strategies which support the existence of a great number of endemic species distinguishing Baikal from other freshwater ecosystems. The analysis of stable carbon and nitrogen isotopes in animal tissues showed that their life cycle is based on chemo-(methano-), photo- and mixotrophy. Jelly-like microbial mats forming above gas hydrate layers at the St. Petersburg seep (Central Baikal) are a vivid example of the existence of biological communities consuming methane carbon. Ionic concentrations of chlorine, bromine, sulfate, acetate, magnesium, and iron in the microbial mats were 2-40 times higher than in the pore water from the surface sediments and in the near-bottom water. High concentrations of C_{org} in mats (up to 6%) and light isotopic composition of carbon of benthic animals from this area testify to significant role of methane carbon which discharges from bottom sediments and is involved in the cycle of methanotrophic

bacteria. Another specific consortium has been found in bitumen mounds at the natural oil seep Gorevoy Utes in Central Baikal. Aquatic fungi of the genus *Phytium*, archaea, bacteria, including methanotrophic bacteria, nematodes, and ostracods, were identified in the consortium. It is supposed that the mycelium of aquatic fungi ingrowing the bitumen favors transportation of microorganisms into the bitumen. These organisms use different hydrocarbons as a substrate, thus providing access of oxygen into deep layers of bitumen. Hydrocarbon oxidizing bacteria may serve as food for nematodes and other organisms for their existence inside bitumen mounds.

The work was supported by the RAS Presidium Program 23.8 and RFBR project 14-44-04126.

БЕНТОСНЫЕ СООБЩЕСТВА ГЛУБОКОВОДНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ: СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ

**Ситникова Т.Я.¹, Погодаева Т.В.¹, Хлыстов О.М.¹, Калмычков Г.В.², Механикова
И.В.¹, Земская Т.И.¹**

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт геохимии СО РАН им. А.П. Виноградова, Иркутск, Россия
sit@lin.irk.ru

Озеро Байкал характеризуется наличием разнообразных геологических структур на дне, приуроченных к зонам разломов. В последние годы при помощи средств многолучевой эхолокации, батиметрической съемки в сочетании с сейсмическими данными и данными сонара бокового обзора, закартированы и описаны новые районы, в которых происходит выброс флюидов и/или грязевулканической брекчии и обнаружены залежи гидратов метана (Khlystov et al., 2013). Во всех этих районах отмечены разгрузка метана в водную толщу и поступление химических соединений, которые могут служить дополнительными источниками энергии и органического углерода для бентосных сообществ озера Байкал. В районах метановых сипов и грязевых вулканов развиваются бентосные сообщества, жизнедеятельность которых основана на углеводородах, поступающих из донных осадков (Zemskaya et al., 2012, 2015). В районах с аномальным составом поровых вод плотность поселения мейо- и макробентоса в 1.5-10 раз выше по сравнению с фоновыми районами. Для животных организмов глубинной зоны озера отмечены разнообразные пищевые стратегии, обеспечивающие существование огромного количества эндемичных видов, так отличающего Байкал от других пресноводных экосистем. На основе анализа значений стабильных изотопов углерода и азота в тканях животных установлено, что их жизнедеятельность основана на хемо- (метано-), фото-, и миксотрофии. Ярким примером существования биологических сообществ за счет использования углерода метана являются желеобразные микробные маты, формирующиеся над слоями газогидратов в районе метанового сипа Санкт-Петербург (Средний Байкал). Концентрация ионов хлора, брома, сульфата, ацетата, кальция, магния, железа в микробных матах была в 2-40 раз выше по сравнению с поровой водой из поверхностных осадков и с придонной водой. Высокое содержание C_{org} в матах (до 6%) и облегченный изотопный состав углерода бентосных животных из данного района свидетельствуют о значимой роли углерода метана, который поступает из донных осадков и вовлекается в круговорот метанотрофными бактериями. Еще один своеобразный консорциум отмечен при исследовании битумных построек в районе естественного нефтепроявления Горевой Утес в Среднем Байкале. В составе консорциума идентифицированы водные грибы рода *Phytium*, археи, бактерии, в том числе метанотрофные, а также нематоды и остракоды. Высказано предположение, что мицелий водных грибов, прорастая внутрь битума, способствует перемещению внутрь микроорганизмов, использующих в качестве субстрата различные углеводороды, и таким образом, обеспечивает доступ кислорода в глубинные слои битума. Углеводородокисляющие бактерии, в свою очередь, могут служить пищей нематодам и другим организмам, обеспечивая их существование внутри битумных построек.

Исследования выполнены при поддержке проекта по Программе Президиума РАН 23.8.

ECOLOGICAL CRISIS IN THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL

**Timoshkin O.A., Malnik V.V., Sakirko M.V., Bondarenko N.A., Rozhkova N.A.,
Sheveleva N.G., Volkova E.A., Nepokrytykh A.V., Zaitseva E.P., Medvezhonkova O.V.,
Lukhnev A.G., Zvereva Yu.M., Poberezhnaya A.E., Shirokaya A.A., Potapskaya N.V.,
Tomberg I.V., Domysheva V.M., Timoshkina E.M., Kupchinsky A.B.**

Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tim@lin.irk.ru

Interdisciplinary research of Baikal coastal zone (splash zone including) has been performed within 2007-2014. Significant changes of the structure and quantitative characteristics of the shallow water benthonic communities were detected at the scale of the entire lake (Timoshkin et al., 2014 – most

References can be downloaded from www.lin.irk.ru). During 2007-2012 it has been performed sporadically, in restricted areas of Bolshye Koty and Listvyanichny bays only, due to lack of financial support (Kravtsova et al., 2011; Timoshkin et al., 2014; Kravtsova et al., 2014). Methods and main results of the ecology of splash zone investigations were published in 13 papers (for review, see: Timoshkin et al., 2011). Taxonomic composition and quantitative characteristics of macrophyto-, macrozoobenthos, plankton communities, as well as hydrochemical, hydrological and microbiological parameters of the near-bottom and surface waters were investigated in the shallow water zone. Several round-Baikalian spring-summer and autumn expeditions were organized since 2013, due to initiative of acad. Grachev M.A.

When these processes started? Or – when they were expressed most remarkably? For lack of the regular round-Baikalian survey of the shallow water communities before 2010, one can provide only approximate answer, based on the limited research in South Baikal. Most probable starting point is 2010–2011. Most significant changes detected in the macrophytobenthos communities. Conclusions on possible changes of the macrozoobenthonic communities (except for sponges, see below) can be made after ongoing quantitative sample analysis only. Chronology and brief characteristics of these unusual and/or negative ecological processes, which have been found within 2010-June 2015, are given below.

1. Two independent groups of experts (ob. cit.) reported on significant, large-scale modifications in composition and productivity of the dominant macroalgae, detected in 2010-2011, in two local South Baikal bays (Bolshye Koty and Listvyanichny). Mass development of non-typical for open Baikal green filamentous algae of *Spirogyra* genus (at 0.5–10 m depths) and abundant late autumn bloom of another filamentous algae *Stygeoclonium tenue*, in the shore line zone (first algal belt), which usually occupied by *Ulothrix zonata* filaments. Later on (2013-2014) *Spirogyra* mass blooming was detected in the shallow water zone at the scale of almost entire lake: Severobaikalsk and Nizhneangarsk cities; Onokochanskaya, Boguchanskaya, Senogda, Ludar', Ayaya, Amundakan, Davshe, Bargyzin (northern coast, off Maximikha, Rovesnik etc.) bays; Babushkin, Tankhoy, Baikalsk, Slyudyanka, Kultuk cities; old Baikalian railway, Listvyanichny, Obuteikha, Bolshye Koty, Bolshoe Goloustnoe, Peschanaya, Babushka bays. It means, that *Spirogyra* spp. massively developed and even dominated in the shallow water zone of the eastern, and in many areas of the western coasts. As distinct of comparatively shallow eastern coast with more or less homogeneous distribution, algal blooms along the western coast have been strictly concentrated opposite of the coastal settlements and the centers of recreation activity. Surprisingly enough, the development maximum of *Spirogyra* is detected during the autumn (September-October) with low water temperatures (4-8° C). Two areas (Listvyanichny Bay and Tyya-Senogda coast) of 15-20 investigated so far are characterized by all-the-year round mass bloom of *Spirogyra* spp. Drudge samplings, performed in Boguchanskaya Bay and opposite of Tyya River mouth (autumn 2013), evidenced, that the *Spirogyra* filaments are quite abundant till 10–20 m depth. Wet biomass of the alga varied within 100–1500 g/m², what is compatible and even higher of the analogous indexes known for Baikalian algae of the 1-st and 2-nd algal belts. Late autumn *Stygeoclonium* mass bloom was typical for the 1-st algal belt in 2013, as well as in 2014 in many areas of all 3 basins.

2. Significant increase of the typical Baikalian macroalgae wet biomass (productivity) in the shallow water zone. For example, the algal biomass of the 1-st belt (with *U. zonata* dominating, June 2015) in some areas of North basin varied within 3-5 kg/m², what is much higher of the analogous indexes known for the former times (Ижболдина, 1990: maximum in June – 0.5 kg/m²).

3. Mass development of the «saprophytic» (see below) and «free-living» blue-greens in several areas of the lake. Significant amount of the Oscillatoriales filaments have been found in the drudge benthonic samples, taken from 10–15 m southern of Peschanaya Bay, in summer of 2013 and 2014. Their mass blooming found as well in the shallows of Bolshye Koty, Barguzin bays, etc. (*Phormidium*, *Oscillatoria*, *Tolypothrix* spp. and others).

4. Giant coastal accumulations of rotten algae (*Spirogyra*, *Elodea* and other higher water plants, blue-greens, *Cladophora glomerata* etc.), wet biomass of which may exceed 90 kg/m², detected within 2013–2014 at the first time. They are located in the splash zones of Tyya–Senogda beach, Chyvyrkuy (Monakhovo) and Barguzin (Maximikha, Rovesnik) bays, MRS, Shida Bay and Kultuk coast. Abundant coastal accumulations, mostly consisting of the “free-living blue-greens” (*Tolypothrix* spp., etc.) detected in Barguzin Bay at the first time. Giant algal accumulations on the coasts are typical for the late summer or autumn seasons. However, one of them (consisting of typical macroalgae of this area) was found unusually early – in June 2015, opposite of MRS settlement, at the first time. Evidently, seasonal maximum of the local algae development may occur earlier than before.

5. Mass Gastropoda extinction (mostly – representatives of *Lymnaea* genus) is described in 2013–2014: billions of the died shells found on the sandy beaches between Tyya and Senogda. These “cemeteries” are located along the areas of the most abundant *Spirogyra* development and influenced by sewages from Severobaikalsk City. Less abundant *Lymnaea* shell accumulations found along the splash zone, off Maximikha settlement in Barguzin Bay (June 2015).

6. Mass extinction and several kinds of diseases of endemic Lubomirskiidae sponges at the scale of the entire lake were described in 2013-2014 (Тимошкин и др., 2014). All 3 ecological forms of the sponges (branched, encrusting, globular) can be sick. Over than 50 dives performed in 2014. Depending on area, from 30 to 100% of branched *Lubomirskia baikalensis* specimens were either sick or damaged and died. According to Dr. Ch. Boedecker (pers. comm.), in most of the studied areas of South basin (September 2014) this process was limited by isobaths 15–20 m. Deeply leaving sponges were found to be sick in June 2015.

It was described, that the most distributed sponge illness is accompanied by mass development of the “saprophytic” blue-greens of *Phormidium* genus (Тимошкин и др., 2014). The filaments are cherry-red and moving. Light-microscopic analysis evidences, that each affection patch on the sponge surface consists of 1–2 dominating blue-green species (90-95%). Different deformations and damage of the external sponge surface (=beginning stages of its extinction) in most cases (50-80%) happen prior to the mass blue-green development. According to preliminary data, the branched sponges, dwelling in the South Basin (Listvyanichny, Bolshye Koty Bays, off Chernaya River mouth) are most of all affected by illness. Much less damaged or even healthy *L. baikalensis* specimens were found around the north-western coast area, approximately located between Elokhin Cape and Bolshye Olkhonskye Vorota Gate. Nota bene: the same coastal area has been found to be free of mass *Spirogyra* blooms in 2014.

7. High concentrations of the fecal indicating bacteria have been determined in the surface and near-the-bottom water layers along the coasts opposite the settlements. The same is true for the interstitial waters (especially – under the coastal accumulated algae) of the splash zone. For example, the enterococci concentrations may exceed 2000 colony forming units per 100 ml.

Results of 13-years long investigations evidencing on the large-scale, so-called "hidden" (or – indirect) eutrophication of the splash and the shallow water zones of Baikal (Timoshkin et al., 2014; Timoshkin, 2015). Huge amount of the pure waters and the active turbulence prevent the creation of the stable areas or patches with high nutrient concentrations in the water column (what is typical scenario of eutrophication in many shallower and smaller lakes). Extra nutrients entering Baikal coastal zone through the inlets (1) and, what is typical for most of the settlements without sewage purification system, through the coastal ground, by passive filtration (2). Therefore, the most illustrative ecological changes happen in the near shore zone and related to shallow water benthonic (bottom) rather than planktonic (water column) communities. According to preliminary data for 2012–2014, sewage of Severobaikalsk only contributed into the shallow waters of the north top of the lake up to 6 tons of P (PO_4^{4-}) annually. It was the main reason of the most abundant *Spirogyra* bloom ever detected during all history of limnological research on Baikal. Total wet biomass of costal accumulated algae (95-97% of *Spirogyra*), detected along to 8 km of Tyya-Senogda beaches in autumn 2013, exceeding 1400 tons.

According to the senior author, the main reasons of the negative ecological processes described are as follows: a) long-lasting discharge of non-properly purified (or not purified at all) sewages into shallow water zone (Severobaikalsk, Babushkin, Baikalsk, Slyudyanka and other cities); b) destroyed purification stations, which were constructed during the USSR period (Ust-Barguzin) or their absence in the largest coastal cities and settlements, where the active construction of the hotels and recreation centers is taken; as a result –passive sewage filtration through the ground into the coastal zone; c) mass discharge of the sewage from the numerous ships and vessels. According to the world literature (for review, see Timoshkina, in press), mass *Spirogyra* bloom is often accompanying the areas with non-properly purified sewage discharge. Two other factors such as artificial water level fluctuations and climatic changes may be crucial for the mass development of the macrophytes. All the factors are detected in Baikal. However, to the mind of the senior author, climatic changes may only catalyze these processes, but barely can play the dominant role. Extra nutrient income should be considered as the most important factor of mass algal blooms.

All these negative phenomena observed in the lake for the past four years, have not been documented and are not reflected in the government reports on the state of the ecosystem of Lake Baikal in 2011-2014. This situation clearly shows the inefficiency of government monitoring system of Lake Baikal because it is almost exclusively concentrated on the survey of the central water body of the lake. Shallow water zone (and splash zone), which are the most indicative from the viewpoint of potential anthropogenic influence, are not included into the monitoring system. Therefore it is not in principle capable of diagnosing the possible destruction of the ecosystem bottom occurring due to the “hidden” eutrophication.

Investigations performed within the federal project № 01201353447 «Current condition, biodiversity and ecology of the coastal zone of Lake Baikal» and partly supported by RFBR project № 13-04-01270 and by director of the Institute, academician, Grachev M.A.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Тимошкин О.А., Мальник В.В., Сакирко М.В., Бондаренко Н.А., Рожкова Н.А., Шевелева Н.Г., Волкова Е.А., Непокрытых А.В., Зайцева Е.П., Медвежонкова О.В., Лухнев А.Г., Зверева Ю.М., Побережная А.Е., Широкая А.А., Потапская Н.В., Томберг И.В., Домышева В.М., Тимошкина Е.М., Купчинский А.Б.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
tim@lin.irk.ru

Результаты междисциплинарных исследований прибрежной зоны Байкала (включая зону заплеска) за период 2007-2014 гг. свидетельствуют о значительных изменениях в структуре и количественных характеристиках мелководных сообществ дна в масштабах всего озера (Тимошкин и др., 2014). В 2007-2012 гг., из-за отсутствия финансирования, они проводились ограниченно, в районе заливов Большие Коты и Листвяничный (Кравцова и др., 2011; Тимошкин и др., 2014а; Kravtsova et al., 2014). Методы и основные результаты исследований экологии заплесковой зоны отражены в 13 публикациях (обзор: Тимошкин и др., 2011). В мелководной зоне изучались состав и количественные характеристики сообществ макрофито- и макрозообентоса, планктон, гидрохимические, гидрологические и микробиологические характеристики придонных, поверхностных слоев воды. Начиная с 2013 г., благодаря поддержке директора ЛИИ СО РАН, М.А. Грачева, было организовано несколько весенне-летних и осенних экспедиций по всему озеру. В силу отсутствия регулярных кругобайкальских наблюдений до 2010 г., начало этих изменений можно датировать лишь примерно, по результатам исследований в Южном Байкале. Вероятная «точка отсчета» – 2010-2011 гг. Наиболее значимые перестройки произошли в сообществах макрофитобентоса. Выводы по возможным изменениям в сообществах зообентоса (кроме губок) возможны лишь после анализа отобранных проб. Ниже приведены хронология событий и краткая характеристика основных необычных и негативных экологических процессов, обнаруженных нами за период 2010 – июнь 2015 гг.

1. В 2010-2011 гг., двумя независимыми группами исследователей (ob. cit.) обнаружены крупномасштабные изменения в составе и продукционных характеристиках доминирующих макроводорослей мелководной зоны отдельных заливов Южной котловины (Большие Коты и Листвяничный). Это выражалось в массовом развитии ранее не свойственных Байкалу зеленых нитчатых водорослей рода *Spirogyra* (глубины 0.5 – 10 м) и необычайно массовому развитию в поздне-осенний период другой нитчатой водоросли – *Stygeoclonium tenue*, в зоне первого растительного пояса, обычно образуемого нитчаткой *Ulothrix zonata*. В 2013–2014 гг. массовое цветение спирогиры обнаружено в мелководной зоне практически в масштабах всего озера: Северобайкальск, Нижнеангарск, бухты Онокочанская, Богучанская, Сеногда, Лударь, Ая, Амнундакан, Давше, Баргузинский залив (северное побережье, Максимиха, Ровесник), Бабушкин, Танхой, Байкальск, Слюдянка, Култук, КБЖД, Листвянка, Обутеиха, Бол. Коты, бух. Песчаная, Бабушка, Бол. Голоустное. Следовательно, в осенний период виды рода *Spirogyra* в массе встречались или даже доминировали в мелководье практически всего восточного и многих участках западного побережья. На западном побережье Южн. котловины развитие водоросли четко ограничивалось мелководьем возле прибрежных населенных пунктов и центров рекреации. Пик развития спирогиры Байкала приходится на осень (сентябрь-октябрь). Их массовая круглогодичная вегетация пока свойственна лишь двум из 15-20 изученных районов: зал. Листвяничный и мелководье Тья–Сеногда. Результаты драгирования, проведенные в 2013 г. напротив устья р. Тья и в губе Богучанской (Сев. Байкал) свидетельствуют о внедрении спирогиры в открытое озеро до глубин 10–20 м. Выяснено, что сырая биомасса спирогиры сопоставима или даже превышает аналогичные значения, характерные для байкальских макроводорослей 1-го и даже 2-го растительных поясов. Массовое поздне-осеннее развитие стигеоклонииума в приурезовых сообществах всех трех котловин наблюдалось как в 2013, так и в 2014 гг.

2. Увеличение сырой биомассы (продуктивности) байкальских макрофитов мелководья. Так, в июне 2015 г. биомасса в первом растительном поясе (с доминированием улотрикса) некоторых участков Сев. Байкала достигала 3-5 кг/м², что многократно превышает максимальные значения прошлых лет (Ижболдина, 1990: июньский максимум не превышает 0,5 кг/м²).

3. Массовое развитие «сапрофитных» (см. ниже) и «свободноживущих» цианопрокариот в некоторых районах озера. Летом 2013-2014 гг. огромное количество осцилляториевых цианопрокариот обнаружено на гл. 10-15 м при драгировании южнее бух. Песчаной. Значительное развитие бентосных цианопрокариот наблюдалось также в мелководье губы Бол. Коты, Баргузинском заливе и др. (*Phormidium*, *Oscillatoria*, *Tolypothrix* spp. и др.).

4. В 2013-2014 гг. обнаружены гигантские береговые скопления (БСД) гниющих водорослей различного состава (спирогира, элодея, цианопрокариоты, *Cladophora glomerata*, высшие водные растения и др.), достигающие по сырому весу до 90 кг/м². Столь массовые БСД обнаружены для озера впервые. Они приурочены к прибрежной зоне западнее г. Северобайкальска, Чивыркуйскому заливу (Монахово), южному побережью Баргузинского залива (Максимиха, Ровесник), МРС, бух. Шида и пос. Култук. В Баргузинском заливе впервые обнаружены значительные БСД с доминированием «свободноживущих» цианопрокариот (*Tolypothrix* spp. и др.). Гигантские БСД обычно развивались в поздне-летний, осенний периоды. Впервые для июня обнаружено гигантское БСД из байкальских макрофитов в районе МРС (2015). Следовательно, массовое их развитие в сезонном аспекте сдвигается на более ранние сроки.

5. В 2013–2014 гг. обнаружены настоящие кладбища брюхоногих моллюсков (в основном, лимнеид), сотни тысяч раковин выброшены на берег. Они приурочены к местам наиболее массового развития спирогиры, на северной оконечности озера (Сеногда–Заречный). В июне 2015 г. аналогичные, но не столь масштабные кладбища обнаружены напротив пос. Максимиха.

6. В 2013-2014 г., в масштабах мелководной зоны практически всего озера, выявлено поражение (гибель, несколько видов болезней) эндемичных байкальских губок – как корковых, глобульных, так и ветвистых. По результатам 50 погружений сентября 2014 г. выявлено, что от 30 до 100% особей *Lubomirskia baikalensis* были либо повреждены, либо больны. В 2014 г. это явление в большинстве изученных мест Южн. котловины ограничивалось глубинами 15-20 м (Voedecker, pers. comm.), в 2015 затрагивает более глубокие районы. Впервые выявлено, что наиболее распространенное заболевание губок сопряжено с массовым развитием «сапрофитных» цианопрокариот рода *Phormidium* (Тимошкин и др., 2014). Нити водорослей подвижны и окрашены в темно-вишневый цвет. Светооптический анализ показывает, что в пятне поражения на 90-95% доминируют цианопрокариоты, 2-3 вида. Различной степени деформация наружной поверхности губки (т.е. – начальные стадии ее отмирания) в большинстве исследованных случаев (50-80%) предшествует массовому заселению ее цианопрокариотами. По предварительным данным, наиболее поражены ветвистые губки Южной котловины (залив Листвяничный, напротив пади Черная и др.), наименее – губки северо-западного участка (примерно Елохин-Большие Ольхонские ворота). Этот же участок, в основном, свободен от спирогир.

7. Выявлены превышения норм СанПин в поверхностных и придонных водах пляжей большинства прибрежных населенных пунктов по санитарно-показательным микроорганизмам. Их значительные концентрации обнаружены также в поровых водах пляжей, особенно – в лунках под БСД. Так, количество энтерококков может превышать 2000 КОЕ/100 ml.

Результаты 13-летних исследований прибрежной зоны свидетельствуют о крупномасштабной «скрытой эвтрофикации» мелководной и заплесковой зон озера Байкал (Тимошкин и др., 2014; Timoshkin, 2015). При этом огромная масса чистой воды Байкала и ветроволновая активность препятствуют формированию стабильных повышенных концентраций биогенов в толще воды. Поэтому основные изменения происходят не в толще воды, что свойственно для большинства сравнительно мелководных озер, подвергшихся эвтрофированию, а на дне Байкала. Основными путями поступления излишних биогенов являются притоки, куда осуществляется сброс стоков и пассивная фильтрация последних сквозь грунт береговой зоны. По предварительным данным, только со стоками г. Северобайкальск в мелководную зону Сев. котловины за 2012-2014 гг. через р. Тья поступало 6 тонн P(PO⁴-) ежегодно, что привело к наиболее массовому развитию спирогиры за всю историю наблюдений. Сырая биомасса только выброшенных на берег водорослей осенью 2013 г. достигала 1400 тонн.

По мнению первого автора, наиболее вероятными причинами этих негативных процессов являются: а) многолетний сброс в озеро Байкал недостаточно очищенных, либо – вовсе не очищенных сточных вод (города Северобайкальск, Бабушкин, Байкальск, Слюдянка); б) разрушение очистных сооружений, построенных во времена СССР, либо их полное отсутствие в наиболее крупных прибрежных населенных пунктах, в которых осуществлялось и продолжает осуществляться массовое строительство объектов отдыха и проживания; как следствие – в) пассивная фильтрация стоков сквозь береговую зону и/или их поступление с притоками (большинство прибрежных населенных пунктов), г) массовый сброс фекальных и подсланиевых вод с многочисленных судов.

По данным мировой литературы (обзор: см., Тимошкина, в печати), массовое развитие спирогиры зачастую свойственно водоемам, куда сбрасываются недостаточно очищенные сточные воды. Помимо биогенов, два других фактора могут играть решающую роль: искусственное колебание уровня воды и климатические изменения. Все три фактора свойственны и Байкалу. Однако, по мнению ТОА, климатические изменения могут лишь катализировать эти процессы, но главенствующей роли не играют. Поступление излишних биогенов следует рассматривать как основной фактор массового развития макрофитов в прибрежной зоне озера.

Очевидно, что существующие государственные системы мониторинга не эффективны, поскольку они сверх сконцентрированы на слежении за центральным водным телом озера, мониторинг мелководной зоны (включая заплесковую) в систему не включен. Т.е. – эта система потенциально не способна диагностировать возможные поражения экосистемы дна озера Байкал, которые могут происходить вследствие «скрытой эвтрофикации».

Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта № 01201353447 «Современное состояние, биоразнообразие и экология прибрежной зоны озера Байкал» и частично поддержана грантом РФФИ № 13-04-01270 и директором Института академиком М.А. Грачевым.

UNEXPECTEDLY HIGH SPECIES DIVERSITY REVEALED IN AN ENDEMIC GASTROPOD GENUS (*PARAMELANIA*) FROM LAKE TANGANYIKA: THE COMPLEMENTARY ROLE OF OLD AND NEW COLLECTIONS

Todd J.A.¹, Burgon J.D.², Michel E.³

¹Department of Earth Sciences, Natural History Museum, London, UK

²Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine, University of Glasgow, UK

³Department of Life Sciences, Natural History Museum, London, UK
j.todd@nhm.ac.uk

Lake Tanganyika's endemic 'superflock' of cerithioidean snails is perhaps the most diverse (>100 species) and morphologically disparate (18 genera) extant gastropod radiation within Ancient Lakes worldwide. Known generic diversity was discovered early and has grown little over the past century. Until now species diversity has been considered to be well known, excepting the single hyper-diverse genus, *Lavigeria*. One moderately diverse genus, the iconic *Paramelania*, has been known for 130 years and historically has been considered to comprise 2-5 morphologically variable species or 'forms'; but it has long been recognised that the genus is in need of revision. We decided to undertake a detailed re-examination based on the following materials:

-historic collections, 19th and early 20th century, Brussels (RBINS), London (NHM), Tervuren (MRAC) (mostly shells only): 321 lots, 6414 specimens

-A. Cohen research collection (shells): 69 lots, 1382 specimens

-E. Michel research collection (shells, EtOH specimens): 87 lots, 529 specimens

-Our aim was to answer the following questions:

1. Do finely divided shell-based groups (species) coincide with molecular clades based on sequencing COI and 16S gene fragments?

2. How do the species composition of historic and modern collections using a variety of methods (e.g. dredging, SCUBA) compare over 147 lake-wide collections?

3. Are within-site collections of living and dead (shell) specimens comparable?

We obtained DNA sequences (16S, COI) from specimens comprising five a priori, finely divided, shell-based species; robust molecular clades proved to be consistent with shell morphology. We used this correspondence to assess species diversity in the three major historic collections comprising shells only, including samples from the currently inaccessible Congo coast. We also re-assessed the two modern research collections (including radulae, opercula), largely from the Tanzanian coast, in the light of insights gained from historic samples.

The combined historic and modern collections comprised over 8395 shells from 147 lake-wide locations, with a marked difference in collection method, maximum depth and substrata between historic and modern collections. Geographic sampling was uneven, historically focused in Congo and Zambia, while modern samples were largely restricted to Burundi and Tanzania. Twenty-one species were separable using shell morphology (16 undescribed) – another two species are found in collections elsewhere. Historic and modern collections showed similar total diversity, 16 and 14 species respectively, but shared only 9 in common. High levels of sympatry were seen. Both wide-ranging species and short-ranged local endemics are present (n=7; undescribed) and evidence exists for extensive range shifts between dead and living populations.

Historic and modern collections give complementary views of diversity and distribution of *Paramelania*, capturing differences in geographic ranges and ecology. Unexpectedly high levels of 'hidden' diversity were found: 21 species, 16 undescribed. The value of fine-scale shell morphology in delimiting species within this genus was revealed here through strong molecular-morphological congruence. Our results emphasise that in systems with high local endemism, historic collections may contain undocumented diversity only revealed in a modern interpretive context. In such cases, species discovery needs to be undertaken on both modern and historical collections to get the most accurate view of biodiversity.

FRESHWATER FOSSIL DIATOMS OF THE BAIKAL REGION

Usoltseva M.V.¹, Rasskazov S.V.^{2,3}, Titova L.A.¹, Vershinin K.E.¹,
Chuvashova I.S.^{2,3}, Fedotov A.P.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia, usmarina@inbox.ru

²Institute of Earth Crust SB RAS, Irkutsk, Russia, rassk@crust.irk.ru

³Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Lake Baikal is the deepest and most ancient freshwater lake on the Earth (Atlas of Lake Baikal, 1993). Planktonic diatoms are main contributors to the primary production, which develop en masse in spring. The dominant assemblage of diatoms in this period includes *Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Simonsen, *Synedra acus* subsp. *radians* (Kützing) Skabitchevsky, *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *Stephanodiscus meyeri* Genkal et Popovskaya, and *Nitzschia graciliformis* Lange-Bertalot et Simonsen emend. Genkal et Popovskaya (Popovskaya, 2000). Lake Baikal formed 27 mln years ago (Mats et al., 2001). The composition of the dominant diatom assemblage has been changed repeatedly for the years of its long history. The most ancient deposits studied in Lake Baikal are the Upper Miocene deposits that span the time interval of 8-5.32 Ma and occur within the interval depth between 600 and 286 m in the core BDP-98-2 drilled on the underwater Academicheskoy Ridge (Kuzmin et al., 2009).

To study emergence and geographic distribution of Baikal species, deposits from paleoaquatic environments of the Baikal rift zone in the Tunka valley and Vitim plateau were analyzed.

A number of works (Endrikhinsky, Cheremisinova, 1970; Moiseeva, 1984; Chernyaeva et al., 2007; Rasskazov et al., 2007; Usoltseva et al., 2010; Usoltseva, Khursevich, 2010) have been devoted to the study of diatom assemblages from the Middle-Upper Miocene deposits. New species have been described. The results of diatom fossil studies performed in the Tunka valley have been discussed in (Cheremisinova, 1973; Popova et al., 1989; Lupikina, Khursevich 1991; Khursevich, 1994; Likhoshway et al., 1997).

In 2013, we analyzed a core drilled in the Tunka valley near the settlement of Nikolskoye. Lithological composition of rocks was studied in the 87-m core. The Kr-Ar dating of basalt lava was performed. We also analyzed the content of quartz, feldspar, biogenic silica, total organic matter, and carbonate in this core. Lacustrine deposits occurring above the basalt layer were of approximately 15 mln years. According to variations of the chemical index of weathering ($CIA=100 \times Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)$) and iron oxidation, we distinguished 10 packages. Eight lower packages (interval of 7.2-86.5 m) belonged to the Tankhoy (coal-bearing) suite of the Miocene-Lower Pliocene, package 9 (2.7-6.6 m) to the Anosov (ochre) suite of the Upper Pliocene-Eopleistocene, and package 10 (interval <2.4 m) to the deposits formed in the Pleistocene-Holocene.

Maximal values of biogenic silica and C_{org} were detected within the depth interval of 37.5-43.5 m (package 6, Upper Miocene). Maximal abundance of diatoms was also recorded here. Diatom valves were found within the depth interval of 8-55 m. Their total number varied from 0.2 to 533×10^6 valves per gram of dry sediment weight. The assemblage included *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. ambigua* f. *curvata* (Skabichevsky) Genkal, *Stephanodiscus* sp, *Melosira undulata* (Ehrenberg) Kützing, *Ellerbekia teres* (Brun) Crawford, *Aulacoseira islandica* (O. Mull.) Simonsen, *Cyclotella tuncaica* Nikiteeva, Likhoshway et Pomazkina, *Aulacoseira praegrnulata* var. *tuncaica* Likhoshway et Pomazkina, and valves of *Aulacoseira* sp.1 identified earlier as valves of *A. baicalensis* (Likhoshway et al., 1997).

Comparative analysis of dominant diatom assemblages from the same age deposits of the Baikal region (Lake Baikal, Vitim plateau, and Tunka valley) showed that the diatom flora of each region possessed its distinct endemism. Different representatives of the same planktonic genera *Alveolophora* (*Miosira*), *Actinocyclus*, *Concentrodiscus*, *Aulacoseira*, *Lobodiscus*, and *Mesodictyopsis* were dominant. Benthic diatoms (67%) from the Miocene-Pliocene deposits in the Baikal region are also present in the modern Baikal sediments. The dominance of the diatom genera (both planktonic and benthic) mentioned above has been recorded since the Early Pliocene (Kuzmin et al., 2009) up to now (Popovskaya et al., 2010).

The work was supported by the RFBR grant 12-05-33007 and the LIN SB RAS budget project VI.50.1.3.

ИСКОПАЕМЫЕ ПРЕСНОВОДНЫЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Усольтцева М.В.¹, Рассказов С.В.^{2,3}, Титова Л.А.¹, Вершинин К.Е.¹, Чувашова И.С.^{2,3},
Федотов А.П.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

³Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
usmarina@inbox.ru; rassk@crust.irk.ru

Байкал – глубочайшее и древнейшее пресноводное озеро на планете (Атлас Байкала, 1993). Основной вклад в первичную продукцию вносят планктонные диатомовые водоросли, развивающиеся в массе весной. Доминирующий комплекс видов диатомей в этот период представлен *Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Simonsen, *Synedra acus* subsp. *radians* (Kützing) Skabitchevsky, *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *Stephanodiscus meyeri* Genkal et Popovskaya и *Nitzschia graciliformis* Lange-Bertalot et Simonsen emend. Genkal et Popovskaya (Popovskaya, 2000).

Формирование Байкала началось 27 млн лет назад (Мац и др., 2001). На протяжении долгой истории озера состав доминирующего комплекса диатомей неоднократно менялся. Самые древние отложения, изученные в Байкале – верхнемиоценовые – соответствуют временному интервалу 8-5,32 млн лет и залегают в интервале глубин 600-286 м в буровом керне BDP-98-2, пройденным с подводного Академического хребта (Кузьмин и др., 2009).

Для решения вопросов появления и географического распространения байкальских видов наибольший интерес представляет изучение отложений палеоводоемов Байкальской рифтовой зоны, расположенных в Тункинской котловине и Витимском плоскогорье.

Исследованию диатомовых водорослей Витимского плоскогорья посвящены работы (Ендрихинский, Черемисинова, 1970; Моисеева, 1984; Черняева и др., 2007; Рассказов и др., 2007; Usoltseva et al., 2010; Usoltseva, Khursevich, 2010), в которых приведены комплексы видов диатомей для средне-верхнемиоценовых отложений, описаны новые виды. Результаты изучения ископаемых диатомовых водорослей Тункинской котловины представлены в публикациях (Черемисинова, 1973; Попова и др., 1989; Lupikina, Khursevich 1991, Khursevich, 1994, Лихошвай и др., 1997).

В 2013 г. в Тункинской впадине, в районе с. Никольское, нами была пройдена скважина. В данном 87 метровом керне, изучен литологический состав пород, проведено Kг-Ar датирование базальтовых лав, определено содержание кварца, полевого шпата, биогенного кремнезема, общего органического вещества (ООВ) и карбонатов. В керне представлен разрез озерных отложений, залегающих выше слоя базальтов с предположительным возрастом около 15 млн лет. По вариациям химического индекса выветривания ($CIA=100 \times Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)$) и окисленности железа выделяется 10 пакетов. Восемь нижних (интервал 7,2-86,5 м) относятся к танхойской (угленосной) свите миоцена – нижнего плиоцена, девятый (интервал 2,7-6,6 м) – к ановской (охристой) свите верхнего плиоцена - эоплейстоцена, десятый (интервал <2,4 м) – к осадочным образованиям плейстоцена-голоцена.

Максимальные значения биогенного кремнезема и С орг. отмечены в интервале глубин 37,5-43,5 метров (пакет 6, верхний миоцен). Здесь же выявлены максимальные значения численности диатомовых водорослей. Створки диатомей встречались в интервале глубин 8-55 м. Общее количество их в керне скважины варьировало от 0,2 до 533 млн створок на грамм сухого осадка. Комплекс видов был представлен *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. ambigua* f. *curvata* (Skabichevsky) Genkal, *Stephanodiscus* sp, *Melosira undulata* (Ehrenberg) Kützing, *Ellerbekia teres* (Brun) Crawford, *Aulacoseira islandica* (O. Mull.) Simonsen, *Cyclotella tuncaica* Nikiteeva, Likhoshway et Pomazkina, *Aulacoseira praegranulata* var. *tuncaica* Likhoshway et Pomazkina и створок *Aulacoseira* sp.1, обозначенных ранее как створки, похожие на *A. baicalensis* (Лихошвай и др., 1997).

Сравнительный анализ комплексов доминирующих видов из одновозрастных отложений Байкальского региона (оз. Байкал, Витимское плато, и Тункинская котловина) показал, что диатомовая флора каждого региона обладает резко выраженным эндемизмом. Доминирующими видами являются разные представители одних и тех же планктонных родов *Alveolophora* (*Miosira*), *Actinocyclus*, *Concentrodiscus*, *Aulacoseira*, *Lobodiscus* и *Mesodictyopsis*. Бентосные виды диатомей в миоцен-плиоценовых отложениях Байкальского региона, в основном (на 67%), представлены и в современном Байкале. Преобладание вышеперечисленных родов диатомовых водорослей, как планктонных, так и бентосных, отмечено в Байкале с раннего плиоцена (Кузьмин и др., 2009) до настоящего времени (Поповская и др., 2010).

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 12-05-33007 и бюджетной темы ЛИН СО РАН VI.50.1.3.

THE SIGNIFICANCE OF LARVAL FISH SURVEYS IN PREDICTING YEAR CLASS STRENGTH IN WHITEFISH (COREGONUS LAVARETUS L.) DOMINATED LAKES

Wanzenböck J.

Research Institute for Limnology Mondsee, University of Innsbruck, Mondsee, Austria
josef.wanzenboeck@uibk.ac.at

Year class strength of newly hatched whitefish larvae were surveyed for seven years at Hallstättersee, and sporadic years in other nearby lakes, all of them pre-alpine lakes with whitefish dominating the fish community. A push-net system was used in combination with a high resolution of sampling both in time and space. Alternating years of strong and weak year classes were observed apparently related to winter conditions. During hatching periods of several weeks a peak of densities could be determined for most years and those peaks shifted in time between years by approximately one month reflecting variations in winter temperatures rather than variations in spawning times. Spatial distribution patterns across the lake surface were strongly influenced by preferred spawning areas in the tributary rivers, however, there was considerable variation between years indicating variable usage of spawning areas within the lake. The high annual variability in newly hatched, prae-feeding whitefish larvae point to the egg stage as being crucial in forming a year class rather than food conditions for first feeding larvae.

DIATOM ENDEMISM, LAKE BAIKAL AND THE PACIFIC: WHAT CAN BE FOUND IN MUSEUM COLLECTIONS

Williams D.M.

Department of Life Sciences, the Natural History Museum, London, UK
dmw@nhm.ac.uk

It is now reasonably well established that Lake Baikal harbours a vast diatom flora, probably exceeding 2000 species. Of those, at least a third may be endemic to the lake. Investigations into possible species flocks are underway but an additional component to understanding the total lake's diatom diversity is the patterns of distribution exhibited by those species shared with areas outside the lake, such as those areas surrounding the rim of the Pacific Ocean. To explore this avenue, previous work examined some unusual species classified in the genus *Eunotia*. As a result, new taxa were described, in particular the genus *Amphorotia*. *Amphorotia* is not endemic to the lake in its entirety but has some species endemic to the lake, some species endemic to other areas in Asia, and some species that are present in the lake and occur elsewhere other than Asia – but there are no species that can be said to be cosmopolitan. The conventional approach to studying biodiversity is to explore the areas afresh with new field work efforts or to explore new kinds of data relevant to the problem. Both of these approaches are obviously useful but this presentation will explore a third option, not much employed today but was popular some decades ago: the study of specimens in existing collections. Taking as a starting point a recently published paper dealing with undiscovered diversity in flowering plant herbaria (Bebber et al., 2010). Herbaria are a major frontier for species discovery. PNAS and applying the same criteria to a large diatom collection, I will outline what has been found and what has had a bearing on expanding our understanding of the diversity in relation to Lake Baikal.

BENTHIC MICROBIAL COMMUNITIES AS NATURAL FILTERS OF LAKE BAIKAL

Zemskaya T.I., Lomakina A.V., Mamaeva E.V., Chernitsyna S.M., Shubenkova O.V., Zakharenko A.S., Galachyants Yu.P., Likhoshvay A.V., Pavlova O.V., Bukin S.V., Khanaeva T.A., Morozov I.V.¹, Miller B.²

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

¹Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Novosibirsk, Russia

²EAWAG: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Kastanienbaum, Switzerland

tzema@lin.irk.ru

Benthic microbial communities collected in the sediments of Lake Baikal with various samplers in different periods of 2008-2014 were analysed using massive parallel sequencing (Roche 454 platform), Sanger sequencing, cultivation, electron and light microscopy. Like microbial communities from methane seeps in marine ecosystems (Ruff et al. 2015), bacterial communities from Lake Baikal are similar at the phylum level and differ at the class level with clear distinction between communities from oil and methane seeps, from surface and subsurface sediment layers, and from carbonate and hydrate sediment

layers. Bacteria were dominated by the phyla *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, and *Cyanobacteria*, as well as by *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, candidate division OP10, and unclassified sequences. Archaea communities in the sediments of Lake Baikal were represented by sequences of 3 phyla *Euryarchaeota*, *Crenarchaeota* and *Thaumarchaeota*. Methanogens of the orders *Methanomicrobiales*, *Methanosarsinales*, *Methanococcales*, and *Methanobacteriales* were detected, as well as lineages of uncultured Archaea MBG-D, MCG, Group C3, DSHVG6, and TMEG. Ammonium-oxidizing Archaea of the phyla *Crenarchaeota* and *Thaumarchaeota* were also detected in the samples. The authors recorded no sequences closely related to the ANME groups participating in anaerobic oxidation of methane. The comparison of the libraries of the 16S rRNA genes showed wide distribution of the earlier detected “Baikal” lineages of Archaea belonging to the phylum *Crenarchaeota*. Several cosmopolitan taxa were involved in biological cycles of gaseous and liquid hydrocarbons. Microbial mats of differing composition of dominant taxa were recorded in the areas with high intensity of discharges of gas- and oil-containing fluids. Constant inflow of various hydrocarbons from the deep zone of bottom sediments in Lake Baikal makes biological communities independent on photosynthesis. Methane and oil seeps and mud volcanoes, as well as the vent in Frolikha Bay (Grachev et al. 1995) are refugiums in case of unfavourable climatic situations.

The work was supported by RFBR grant 13-04-00209, Swiss grant NSF 200021-137715, and Lake Baikal Protection Fund. The authors are thankful to the crews of the manned submersibles “MIR”.

БЕНТОСНЫЕ МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА КАК ЕСТЕСТВЕННЫЕ БИОФИЛЬТРЫ БАЙКАЛА

Земская Т.И.¹, Ломакина А.В.¹, Мамаева Е.В.¹, Черницына С.М.¹, Шубенкова О.В.¹,
Захаренко А.С.¹, Галачьянц Ю.П.¹, Лихошвай А.В.¹, Павлова О.В.¹, Букин С.В.¹,
Ханаева Т.А.¹, Морозов И.В.², Миллер Б.³

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт химической биологии и фундаментальной медицины, Новосибирск, Россия

³Eawag, Швейцарский Федеральный Институт Водных Наук и Технологии,
Кастаниенбаум, Швейцария
tzema@lin.irk.ru

В докладе представлены результаты исследования структуры бентосных микробных сообществ в осадках озера Байкал, отобранных с помощью различных пробоотборников в разные периоды 2008-2014 гг. Анализ микробных сообществ осуществлялся с помощью метода массивного параллельного секвенирования (платформа Roche 454), секвенирования по Сенгеру, методами культивирования, электронной и световой микроскопии. Аналогично микробным сообществам из районов метановых сипов в морских экосистемах (Ruff et al. 2015), в Байкале бактериальные сообщества перекрываются на уровне филумов и показывают различие на уровне ниже уровня класса с четким отличием между нефтяными и метановыми сипами, между сообществами из поверхностных и подповерхностных, а также карбонат- и гидратсодержащих слоев осадка. Среди бактерий доминируют представители филумов *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, and *Cyanobacteria*, в некоторых районах также велико представительство *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, candidate division OP10, и неклассифицированных последовательностей. Архейные сообщества в осадках озера Байкал представлены последовательностями архей трех филумов *Euryarchaeota*, *Crenarchaeota* и *Thaumarchaeota*. Среди них детектированы метаногены порядков *Methanomicrobiales*, *Methanosarsinales*, *Methanococcales*, *Methanobacteriales*, а также линии некультивируемых архей MBG-D, MCG, Group C3, DSHVG6, TMEG. В исследованных образцах выявлены аммоний-окисляющие археи, принадлежащие к филумам *Crenarchaeota* и *Thaumarchaeota*. Ни в одном сообществе не выявлены последовательности, близкородственные группам ANME, участвующих в анаэробном окислении метана. Сравнение библиотек генов 16S рРНК показало широкое распространение детектированных ранее «байкальских» линий архей, входящих в состав филума *Crenarchaeota*. Вовлечение в биологические циклы газообразных и жидких углеводородов осуществляют несколько космополитных и обильно представленных таксонов. В районах с высокой интенсивностью разгрузок газо-, нефтесодержащих флюидов отмечено формирование микробных матов с различным составом доминирующих таксонов. Постоянный подток различных углеводородов из глубинной зоны донных отложений озера Байкал обеспечивает независимость биологических сообществ от фотосинтеза, а метановые и нефтяные сипы, грязевые вулканы, как и вент в б. Фролиха (Grachev et al. 1995), являются рефугиумами при неблагоприятных климатических ситуациях.

Работа поддержана грантом РФФИ № 13-04-00209, Швейцарским грантом NSF № 200021-137715 и Фондом содействия сохранению озера Байкал. Авторы благодарят команды глубоководных обитаемых аппаратов «МИР».

SESSION AND POSTER PRESENTATIONS СЕКЦИОННЫЕ И ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ

LONG-TERM DYNAMICS AND MAIN FACTORS OF ECOSYSTEM'S EVOLUTION OF NAROCH LAKES (BELARUS)

Adamovich B.V., Zhukova T.V.
Belarusian State University, Minsk
belaqualab@gmail.com

Naroch lakes are situated in the North-West of the republic within the drainage area of the Neman River which flows into the Baltic Sea. Because of some unique nature peculiarities, the lake is considered to be a national property of the country, and its protection from pollution and eutrophication is a task of state importance. For a long time the lake has been used for recreation. Since 1960s the Naroch has been treated as a republic health resort. Lake Naroch also became the key element of the National park "Narochansky" that was formed in 1999. Today the recreation shoreline zone has numerous sanatoriums, health centers, camping grounds, etc. The number of people visiting the Naroch is up to 100-120 thousands a year.

In 1947 on the Naroch shore the Naroch Biological Station (NBS) of the Belarusian State University was founded. The important role in the research work at NBS is played by the Research Laboratory of Aquatic Ecology of the Belarusian State University, that was formed in 1965 on the initiative of prof. G.G. Vinberg. As a matter of fact this Laboratory and NBS represent a united complex that for many years (since 1967 till 2012) was headed by the corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus A.P. Ostapenya. Since 1978 all-the-year-round regime observations on the lakes Naroch, Myastro and Batorino began, so from that time the unique database of long-term hydroecological monitoring rows is constantly replenishes. Since 1999 on the materials of monitoring observations and current research the annual "Bulletin of the ecological state of the lakes Naroch, Miastro, Batorino" is published.

During the period of observation, the trophic state of the lake has been significantly altered for several times. In the 1970s the lake was exposed to anthropogenic eutrophication, caused mainly by the intensive development of agriculture and increasing recreational activity and till the mid 1980s we observed considerable decrease in water quality. Lake Naroch has changed from oligotrophic to mesotrophic. For prevention of ecosystem degradation, the government program of Naroch lakes restoration has been worked out in 1981. This program was carried out with the direct participation of scientists of the Laboratory of Aquatic Ecology and NBS. The hydrobiological data of long-term monitoring were of great use too.

The complex of environmental protecting measures covering the whole catchment area included deflection or partial deactivation of sewage, prohibition of agricultural use in the shoreline zone, replacing ploughed fields by meadows. Application of mineral fertilizers was strictly limited and stock buildings were either removed from the catchment area or completed with modern equipment. These measures took place in early 1980s, and this caused a decrease of external nutrient load approximately in 1/3 and stopped the deterioration of the lake. Since late 1980-s the data on nutrient load and the state of planktonic communities showed, that the trophic state of the lake has been considerably lowed. At that very time Zebra mussel invasion and rapid expansion in the lake took place. The redistribution of nutrient and energy flows in the ecosystem from the water mass to bottom layer due to a combination of environmental protective measures and the invasion of Zebra mussel led to the phenomenon of benthification, that means an increase in the importance of benthic processes following increased water clarity promoted by nutrient reduction and Dreissena introduction (Ostapenya et al., 2012; Mayer et al., 2002; Mills et al., 2003). That showed the possibility of ecosystem processes reorganization and that in future there could be happen the transition of most part of organic mater production back to water column. As a result the water quality and recreation potential of Naroch lake can decrease. In order to save and rehabilitate the lake's ecosystem the second government program "National Lake Naroch Restoration Program 2005-2008" has been worked up.

The organization and carrying out of long-term monitoring of Lake Naroch by scientists of the central state university joins the education of biology students, post-graduate students and preparing of scientific dissertations with the effective participation in solving of practical ecological tasks. The history of Lake Naroch study and management shows the evidence of rationality of such approach and mutual understanding and cooperation of scientific and educational organizations with state institutions in the field of conservation of natural resources and water management.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА И ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ ЭКОСИСТЕМЫ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР (БЕЛАРУСЬ)

Адамович Б.В., Жукова Т.В.

Белорусский государственный университет, Минск

belaqualab@gmail.com

Нарочанские озера расположены на северо-западе Беларуси, принадлежат бассейну р. Неман, и представляют собой систему из трех водоемов, имеющих общую водосборную территорию и соединенных между собой протоками. Трофность водоемов понижается от первого в каскаде озера Баторино к последнему – озеру Нарочь. Озеро Нарочь – крупнейший водоем в Беларуси общей площадью 79,2 км². Ряд природных особенностей делают озеро национальным достоянием, и его защита от загрязнения и эвтрофирования является задачей государственного масштаба. С 60-х годов прошлого века озеро Нарочь становится центром главного республиканского курортного региона. В 1999 озеро Нарочь становится ключевым элементом созданного Национального парка. В настоящее время по берегам озер располагается большое количество санаториев, пансионатов, кемпингов, агроусадеб и т.п. В год Нарочанский регион посещает 100-120 тысяч отдыхающих и туристов.

В 1947 г. на озере основана Нарочанская биологическая станция Белорусского государственного университета и начаты системные гидроэкологические исследования, которыми в течение многих лет руководил член-корреспондент НАН Беларуси А.П. Остапеня. С 1978 г. по единой программе ведется круглогодичный мониторинг озер Нарочь, Мясстро и Баторино, позволивший к настоящему времени собрать уникальную базу гидроэкологических данных. С 1999 г материалы проводимых исследований ежегодно публикуются в «Бюллетене экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино».

Мониторинг позволил установить, что за последние 60 лет хорошо просматриваются несколько этапов в эволюции структурной и функциональной организации экосистемы Нарочанских озер. Был выделен ряд внешних факторов, в значительной мере определивших этапы эволюции экосистемы и её современное состояние (Остапеня и др., 2012). Активное сельскохозяйственное производство и, как следствие, усиление биогенной нагрузки на водосбор привели в 70-х гг. к прогрессирующему эвтрофированию водоёмов. Затем, с середины 80-х годов отмечено увеличение прозрачности воды и снижение концентрации азота и фосфора. На этом фоне снизились показатели, характеризующие количественное развитие основных биологических сообществ толщи воды – уменьшилось содержание хлорофилла, снизились биомассы фито-, зоо- и бактериопланктона. При этом, если период эвтрофирования был вызван усилением антропогенного влияния, изменения, произошедшие в последующие периоды, в наибольшей степени были связаны с двумя факторами – снижением примерно на 30% внешней биогенной нагрузки на экосистему озер в результате реализации государственной программы экологического оздоровления, и вселением в 1980-е гг. в озера мощнейшего фильтратора – моллюска *Dreissena polymorpha* Pallas. Снижение внешней биогенной нагрузки, а также вселение и активное распространение по всем трем озерам дрейссены привело к смещению процессов трансформации вещества из толщи воды в придонный слой (Остапеня и др., 2012) или бентификации в экосистеме (Остапеня и др., 2012; Mayer et al., 2002; Mills et al., 2003).

Полученные в результате исследований данные послужили научной основой для разработки и реализации двух государственных программ по защите озера от загрязнения. При реализации программы 2005-2008 гг. основные приоритеты в области сохранения и восстановления природных богатств и водного менеджмента были определены с использованием метода «экспертной панели», что дало возможность обозначить приоритеты в программе экологического оздоровления с учетом различных точек зрения – экспертов, жителей и туристов (Остапеня, 2006).

Исследования, проводимые на Нарочанских озерах, являются, в том числе, научной базой для образования студентов, магистрантов и аспирантов, повышения квалификации преподавателей. История организации и проведения многолетнего мониторинга Нарочанских озер учеными главного вуза страны свидетельствует о возможности сотрудничества научной и образовательной среды с государственными структурами в сфере охраны природы и водного менеджмента.

EVALUATION OF THE CONTENT OF MINERAL NITROGEN IN THE AZOV SEA IN 2014

Alexandrov Z.V., Ermakova Y.S.

Azov Research Institute of Fisheries, Rostov-on-Don, Russia
ynyla@mail.ru

Nutrients are the necessary basis for the production of mineral primary phytoplankton organic matter. Nitrogen is one of the most important indicators of nutrients. Its high content can lead to eutrophication of the reservoir, and as a result to the deterioration of water quality. The content of inorganic forms of nitrogen is connected with the influence of natural and anthropogenic factors. The nitrogen cycle in nature can be considered the main natural factor. It is an interconnected chain of reactions of conversion of different forms of nitrogen in the implementation of which the leading role belongs to the biochemical processes.

The basis of this work is the observation of spatial and temporal variability of mineral forms of nitrogen for 2014 in the Azov Sea and the Taganrog Bay.

Comparative analysis of the data showed that ammonia nitrogen is the leading form in the triad of mineral nitrogen. When considering the seasonal dynamics we noted that the mean maximum concentration of ammonia nitrogen was recorded in the spring and in the Taganrog Bay it was 21.4 mkgN / l, the sea itself 15 mkgN / l. In the summer and fall as a result of the active consumption of ammonium ions by phytoplankton a decrease in their concentration was observed. In the Bay the average content of ammonia nitrogen was 13 mkgN / l in the sea itself 11 mkgN/l.

Spatial variability was observed in the Taganrog Bay in the places tamed to the wellhead area. For example in spring the concentration of ammonium ion reached 31.1 mkgN/l. In the sea itself maximum content of ammonium nitrogen was detected in spring in the central and eastern parts of the sea, and it was 25.5 mkgN/l and 19.6 mkgN/l. This is due to the influence of the sewage of the Don and Kuban rivers.

The concentration of the nitrite nitrogen in all horizons and throughout the year in the waters of the Azov Sea and the Taganrog Bay did not exceed 6 mkgN/l. They act as an intermediary in a chain of bacterial processes, so the low concentration and fluctuation of nitrite in water is a result of their participation in vnutrivodoëmnyh processes. Daylight ammonium ions in nitrite form of nitrogen occurs in aerobic environment by passing oxidative processes.

The content of nitrate forms of nitrogen in the spring in the Taganrog Bay in discharge samples were high and averaged 127 mkgN/L, indicating that anthropogenic influence flow of the river Don. Indeed, placing the materials on the content of nutrients in the River Don, it is possible to conclude that the trend of increasing nitrate in the delta of the River Don. So if the 2013 was in the concentration of nitrates of 200 mg/m³, in 2014 it had increased to 470-560 mg/m³. In summer, the average nitrate concentration over the bay and the sea itself are 20 mkgN/l on all horizons, the content of ammonium nitrogen in the same time in the sea itself, and in the Gulf does not exceed 12 mkgN/l. It is connected with intrabasin processes of ammonium ions nitrification in the presence of oxygen under the action of nitrifying bacteria. In autumn the nitrate content in the Taganrog Bay and in the sea itself decreased and was 10 mkgN/l on all horizons, such situation occurs during the growing season.

In general, the total amount of mineral nitrogen in the Azov Sea for 2014 was 27 mkgN/l, which is 1.8 times lower than previous year. The main factors influencing the reduction of mineral nitrogen in the Azov sea and Taganrog bay are the processes of phytoplankton consumption and the reduction of nutrient inputs, due to the reduction of water content of the Don and Kuban rivers.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В АЗОВСКОМ МОРЕ В 2014 ГОДУ

Александрова З.В., Ермакова Я.С.

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,
г. Ростов-на-Дону, Россия
ynyla@mail.ru

Биогенные элементы являются необходимой минеральной основой для продуцирования фитопланктоном первичного органического вещества. Одним из важнейших показателей биогенных элементов является азот. Его высокое содержание может привести к эвтрофированию водоема, и, как следствие, к ухудшению качества воды. Содержание неорганических форм азота связано с влиянием природных и антропогенных факторов. К главному природному фактору можно отнести круговорот азота в природе. Он представляет собой взаимосвязанную цепочку реакций превращения различных форм азота, в осуществлении которых ведущая роль принадлежит биохимическим процессам.

Основой данной работы является наблюдение пространственно-временной изменчивости минеральных форм азота в течение 2014 года в Азовском море и Таганрогском заливе.

Сравнительный анализ данных показал, что ведущей формой в триаде минерального азота является аммонийный азот. При рассмотрении сезонной динамики отмечалось, что среднее максимальное содержание аммонийного азота было зафиксировано весной и составляло в Таганрогском заливе 21,4 мкгN/л, в собственно море 15 мкгN/л. Летом и осенью в результате активного потребления ионов аммония фитопланктоном наблюдалось снижение их концентраций. В заливе среднее содержание аммонийного азота составляло 13 мкгN/л, в собственно море 11 мкгN/л.

Пространственная изменчивость отмечалась в Таганрогском заливе в местах, прирученных к устьевой зоне. Так весной концентрация ионов аммония достигала 31,1 мкгN/л. В собственно море максимальное содержание аммонийного азота было выявлено весной в центре и на востоке моря, и составило 25,5 мкгN/л и 19,6 мкгN/л. Это связано с влиянием сточных вод рек Дон и Кубань.

Концентрация нитритного азота по всем горизонтам и в течение всего года в водах Азовского моря и Таганрогского залива не превышала 6 мкгN/л. Они выступают промежуточным звеном в цепи бактериальных процессов, поэтому невысокие концентрации и колебания содержания нитритов в воде является следствием участия их в внутриводоёмных процессах. Переход ионов аммония в нитритные формы азота возникает в аэробной среде при прохождении окислительных процессов.

Содержание нитратных форм азота весной в Таганрогском заливе в сливных пробах было высоким и составляло в среднем 127 мкгN/л, что указывает на антропогенное влияние стока реки Дон. Действительно, располагая материалами по содержанию биогенных веществ в реке Дон, можно сделать вывод о тенденции увеличения нитратов в дельте реки Дон. Так если в 2013 году концентрация нитратов находилась на уровне 200 мг/м³, то в 2014 она увеличилась до 470-560 мг/м³. Летом средние концентрации нитратов по всему заливу и в собственно море составляют 20 мкгN/л на всех горизонтах, при этом содержание аммонийного азота в это же время в собственно море и в заливе не превышает 12 мкгN/л. Это связано с внутриводоемными процессами нитрификации аммонийных ионов в присутствии кислорода под действием нитрифицирующих бактерий. Осенью содержание нитратов в Таганрогском заливе и в собственно море уменьшилось и составляло 10 мкгN/л на всех горизонтах, такая ситуация возникает в вегетационный период.

В целом количество суммарного минерального азота в Азовском море за 2014 год составило 27 мкгN/л, что в 1,8 раза ниже, чем в прошлом году. Основными факторами, влияющим на снижение содержания минерального азота в Азовском море и Таганрогском заливе, являлись процессы потребления его фитопланктоном и снижение поступления биогенных веществ, в связи с сокращением водности рек Дон и Кубань.

ACTINOBACTERIA ISOLATED FROM DOMINANT BAIKAL MACROINVERTEBRATES AS A SOURCE OF NOVEL BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS

Axenov-Gribanov D.¹, Rebets Y.², Tokovenko B.², Voytsekhovskaya I.¹, Protasov E.¹, Timofeyev M.¹, Luzhetskyy A.²

¹Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Helmholtz Institute for Pharmaceutical Research Saarland, Saarbrücken, Germany

denis.axengri@gmail.com

The high demand for new antibacterials facilitates the isolation of new biologically active compounds producing microorganisms. Actinobacteria are the richest source of such metabolites. Going for new ecological niches became a necessary prerequisite for successful screening projects. Here we report the isolation and initial characterization of cultured actinobacteria from dominant benthic organisms' communities of Lake Baikal. 25 distinct strains were obtained from 5 species of Baikal endemic macroinvertebrates. These include representatives of amphipods, freshwater sponges, turbellaria worms and insects (caddisfly larvae). The 16S rRNA based phylogenetic analysis of obtained strains showed their affiliation to *Streptomyces*, *Nocardia*, *Pseudonocardia*, *Micromonospora*, *Aeromicrobium*, *Agromyces* and *Frigoribacterium* genera, revealing the diversity of actinobacteria associated with the benthic organisms of Lake Baikal. The biological activity assays revealed that 24 out of 25 strains are producing compounds active against at least one of the test-cultures used, including Gram-negative bacteria and *Candida albicans*. Complete de-replication of secondary metabolites profiles of two isolated strains led to identification of only few known compounds, while the majority of detected metabolites are not listed in existing antibiotics databases.

This research was partially supported by the Ministry of education and science of Russian

federation as a part of Goszadanie projects (№6.382.2014/K, 11.9138.2014), Russian science foundation (project N 14-14-00400), Russian foundation for basic research (projects N 14-04-00501, 15-04-06685, 15-54-04062), U.S. Civilian Research & Development Foundation (project N 18237), Grants of Irkutsk State University for young researchers and Deutscher Akademischer Austauschdienst.

CHANGE IN PHYTOPLANKTON OF LAKE LENEVO (OMSK REGION) UNDER RECREATION EFFECT

Bazhenova O.P.

Stolypin Omsk State Agricultural University Omsk, Russia
olga52@bk.ru

Lake Lenevo is a sort of core of a State wildlife preserve Lenovo of regional subordination. The lake is situated in the forest zone of the Omsk Region and is surrounded by pine wood. The water body and the adjacent territory are subject of higher anthropogenic effect in summer due to excessive recreation.

In July, 2014, ecological state of Lake Lenovo was estimated by bioindication method using proxies of phytoplankton development.

The aim of this work was to find out ways of changes in lake ecosystem under recreation effect.

While processing phytoplankton samples from the lake, we identified 128 species, varieties and forms (SVF) of algae and cyanobacteria related to 8 phyla including: Cyanoprokaryota – 18, Euglenophyta – 2, Dinophyta – 5, Bacillariophyta – 15, Cryptophyta – 2, Chrysophyta – 9, Chlorophyta – 68, Streptophyta – 9 SVF. Leading role in the taxonomic structure of phytoplankton belongs to the phylum Chlorophyta – 53.12 % of total amount of identified SVF. Species diversity of algae of other phyla is much lower. Well-expressed chlorophytal character of phytoplankton corresponds to typical eutrophic forest lakes.

Proxies of phytoplankton abundance are high. Total abundance reaches 18.80 ± 2.25 millions cells/l, one third of which is formed by cyanobacteria, and main fraction (61.30%) consists of green algae. By phytoplankton biomass (3.63 ± 0.42 g/m³), the lake is related to eutrophic ones.

While comparing obtained data with previous studies in July, 2009 (Bazhenova, Mamaeva, 2010), we found out considerable changes of taxonomic composition, structure and abundance and phytoplankton in the lake. In 2009, summer phytoplankton from Lake Lenevo manifested low abundance (0.59 ± 0.20 millions cells/l, 0.32 ± 0.14 g/m³) and lack of cyanobacteria, cryptomonads and dinophytes. Both by abundance and by biomass, chrysophyceans dominated, the most dominant among them in the whole lake was *Dinobryon divergens* (60–550 thous. cells/l), this is characteristic for clean forest lakes. Among green algae, we found not abundant species of the genera *Coenococcus*, *Monoraphidium*, *Oocystis*, *Scenedesmus*, *Elakatothrix*, etc., typical representatives of freshwater lakes phytoplankton in Pre-Irtysh area of the Omsk Region. Sometimes euglena (*Trachelomonas sp.*) and diatom algae (*Asterionella formosa*, *Navicula sp.*, *Cyclotella ocellata*, *Stephanodiscus hantzschii*, *S. Minutulus*) occurred in phytoplankton.

Due to increased anthropogenic effect resulted from excessive recreation and violation of Nature Protection Legislation, taxonomic composition, structure and abundance of phytoplankton abruptly changed during short time period. The species composition enriched due to parvicellular (species of the genera *Chroococcus*, *Merismopedia*, *Aphanocapsa holsatica*) and filamentous (species of the genera *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Planktolyngbya limnetica*) cyanobacteria, cryptomonads (*Chroomonas acuta*, *Cryptomonas sp.*), dinophytes (*Peridinium cinctum*, *Peridiniopsis elpatiewskyi*), desmids (phylum Streptophyta) algae and numerous species of the phylum Chlorophyta.

The trophic status of the lake abruptly increased, oligotrophic lake became eutrophic one. The analysis of data obtained suggests a restructuring of lake system occurred due to increase of anthropogenic pressing. Status of the lake and of adjacent area as of particularly protected natural reserves will allow with appropriate protection regime to stop a negative process of started anthropogenic eutrophication and to regenerate this aquatic ecosystem.

Reference

Bazhenova O.P., Mamaeva O.O. Summer phytoplankton of some lakes in Muromtsy Province of Omsk Region and in adjacent territories of Novosibirsk Region. Ecological and economical efficiency of nature management at modern stage of development of West Siberian Region: Proceedings of III International Scientific-Practical Conference. Omsk: OmSPU Publishing House, 2010. P. 18–21.

ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА ЛЕНЕВО (ОМСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕКРЕАЦИИ

Баженова О.П.

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия
olga52@bk.ru

Озеро Ленево является своеобразным ядром одноименного государственного природного заказника регионального значения. Озеро расположено в лесной зоне Омской области, окружено сосновым лесом. Водоем и прилегающая территория летом испытывают повышенное антропогенное воздействие из-за избыточной рекреации.

В июле 2014 г. была проведена оценка экологического состояния озера Ленево методами биоиндикации по показателям развития фитопланктона.

Цель работы – установить направление изменений экосистемы озера под воздействием рекреации.

При обработке проб фитопланктона из озера было идентифицировано 128 видов, разновидностей и форм (ВРФ) водорослей и цианобактерий, относящихся к 8 отделам, в том числе: Cyanoprokaryota – 18, Euglenophyta – 2, Dinophyta – 5, Bacillariophyta – 15, Cryptophyta – 2, Chrysophyta – 9, Chlorophyta – 68, Streptophyta – 9 ВРФ. Ведущая роль в таксономической структуре фитопланктона принадлежит отделу Chlorophyta – 53,12 % от общего числа идентифицированных ВРФ. Видовое богатство водорослей других отделов намного меньше. Ярко выраженный хлорофитный характер фитопланктона соответствует типичным эвтрофным лесным озерам.

Показатели обилия фитопланктона высокие. Общая численность достигает $18,80 \pm 2,25$ млн кл./л, треть которой формируют цианобактерии, а основная доля (61,30%) принадлежит зеленым водорослям. По биомассе фитопланктона ($3,63 \pm 0,42$ г/м³) озеро относится к категории эвтрофных вод.

При сравнении полученных данных с предыдущими исследованиями в июле 2009 г. (Баженова, Мамаева, 2010) установлены значительные изменения таксономического состава, структуры и обилия фитопланктона озера. В 2009 г. летний фитопланктон озера Ленево отличался низким обилием ($0,59 \pm 0,20$ млн кл./л, $0,32 \pm 0,14$ г/м³) и отсутствием цианобактерий, криптоноад и динофитовых водорослей. Как по численности, так и по биомассе преобладали золотистые водоросли, среди которых по всему озеру доминировал *Dinobryon divergens* (60–550 тыс. кл./л), что характерно для чистых лесных озер. В составе зеленых водорослей были найдены немногочисленные виды родов *Coenococcus*, *Monoraphidium*, *Oocystis*, *Scenedesmus*, *Elakatothrix* и др., относящиеся к числу обычных представителей фитопланктона пресных озер Омского Прииртышья. Изредка в планктоне встречались эвгленовые (*Trachelomonas* sp.) и диатомовые водоросли (*Asterionella formosa*, *Navicula* sp., *Cyclotella ocellata*, *Stephanodiscus hantzschii*, *S. minutulus*).

Вследствие повышенной антропогенной нагрузки, вызванной чрезмерной рекреацией и нарушениями природоохранного законодательства, таксономический состав, структура и обилие фитопланктона за прошедшее время резко изменились. Видовой состав обогатился за счет мелкоклеточных (виды родов *Chroococcus*, *Merismopedia*, *Aphanocapsa holsatica*) и нитчатых (виды родов *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Planktolyngbya limnetica*) цианобактерий, криптоноад (*Chroomonas acuta*, *Cryptomonas* sp.), динофитовых (*Peridinium cinctum*, *Peridiniopsis elpatiewskyi*), десмидиевых (отдел Streptophyta) водорослей и многочисленных видов отдела Chlorophyta.

Трофический статус озера резко возрос, из категории олиготрофных водоемов оно перешло в эвтрофные. Анализ полученных данных свидетельствует о структурной перестройке экосистемы озера, произошедшей вследствие превышения антропогенной нагрузки. Перевод озера и прилегающей местности в статус особо охраняемых природных территорий позволит, при соблюдении надлежащего режима охраны, приостановить негативный процесс начавшегося антропогенного эвтрофирования и способствовать восстановлению водной экосистемы.

Литература

Баженова О.П., Мамаева О.О. 2010. Летний фитопланктон некоторых озер Муромцевского района Омской области и прилегающих территорий Новосибирской области. Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: мат-лы III междунар. научно-практич. конф. Омск, изд-во ОмГПУ. с. 18–21.

ON THE STUDY OF LIPIDS ROLE IN THE DEVELOPMENT OF RESPONSES OF SPONGES COMMUNITIES TO EXTERNAL IMPACT

Basharina T.N.¹, Glyzina O.Yu.¹, Bazarsadueva S.V.²,
Glyzin A.V.¹, Itskovich V.B.¹, Radnaeva L.D.²

¹Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia

²Baikal Institut for Nature Management OF RAS SB, Ulan-Ude, Russia

fototanya@mail.ru

The organism life is limited by a specific temperature range, within which temperature increase by 5-10°C increases theoretically 2-4-fold the metabolism response rate. It is noticed however that the degree of lipids involvement in adaptation processes depends on biological peculiarities of different organisms species, including marine and freshwater sponges (Cossins, 1994; Medeot et al., 2007; Velansky, Kostetsky, 2009; Gladyshev et al., 2011). In the present paper, we describe of composition change in some lipids groups at freshwater Baikalian sponge *Lubomirskia baicalensis* at increase of natural temperature in its habitat by 5-7°C. We found and identified 59 compounds (diverse fatty acids (FA), aldehydes and sterols). We identified 43 FA of different unsaturation degree. When the sponges are contained under different temperature conditions the ratio of saturated/unsaturated FA changes. E.g., at 10-12°C, this ratio was 6.6%/20.6%, and at 3-5°C it was 4.1%/23.6%, respectively. We found in the sponges studied a rare acid i23:0. Under natural conditions, change of ratio of demospongiac acids 26:2/26:3 is seasonal, within our study, we disturbed seasonal way artificially. This resulted in stabilization of composition of FA in total lipids, especially of demospongiac acids. Five saturated hydroacids of bacterial origin are found. Nine different aldehydes are identified; dominant one among them is superlongchain aldehyde 11-tetracozenal (I) 24:1d11a (8.3±0.2% of summary aldehydes). Seven sterols are found, their content is 47.2±3.8% of sum of all lipid components. Main components of sterols in all the samples studied are cholesterol (23.9±2% summary sterols) and b-sitosterol (12±0.2% of summary sterols). The performed experiment revealed qualitative and quantitative changes of lipid composition depending on habitat temperature.

The data obtained can be used for further studies in the field of hydrobionts biological adaptation. This work was done within Project No VI.51.10. RFBR) and partially supported by RFBR grant No 14-44-04165r_siberia_a.

К ИЗУЧЕНИЮ РОЛИ ЛИПИДОВ В РАЗВИТИИ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ СООБЩЕСТВА ГУБОК НА ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Башарина Т.Н.¹, Глызина О.Ю.¹, Базарсадуева С.В.²,
Глызин А.В.¹, Ицкович В.Б.¹, Раднаева Л.Д.²

¹Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

²Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ

fototanya@mail.ru

Жизнь организмов лимитирована специфическим диапазоном температур, в пределах которого увеличение температуры на 5-10°C теоретически увеличивает в 2-4 раза скорость реакции обменных процессов. При этом отмечается, что степень вовлечения липидов в адаптационные процессы зависит от биологических особенностей различных видов организмов, в т.ч. морских и пресноводных губок (Cossins, 1994; Medeot et al., 2007; Velansky, Kostetsky, 2009; Гладышев и др., 2011). В представленной работе дается описание изменения состава некоторых групп липидов у пресноводной байкальской губки *Lubomirskia baicalensis* при повышении естественной температуры среды её обитания на 5-7°C. Были обнаружены и идентифицированы 59 соединений (различные жирные кислоты (ЖК), альдегиды и стерины). Идентифицировали 43 ЖК различной степени ненасыщенности. При содержании губок в разных температурных условиях меняется соотношение насыщенных/ненасыщенных ЖК, так при температуре 10-12°C это соотношение было 6,6%/20,6%, а при 3-5°C - 4,1%/23,6%, соответственно. В исследуемых губках обнаружена редкая кислота i23:0. В природных условиях изменение соотношения демоспонгиевых кислот 26:2/26:3 является сезонным, в рамках наших исследований искусственно была нарушена сезонность, что привело к стабилизации состава ЖК общих липидов, особенно демоспонгиевых кислот. Найдены 5 насыщенных гидроксикислот бактериального происхождения. Определены 9 различных альдегидов, среди которых доминирует сверхдлинноцепочечный альдегид 11-тетракозеналь (I) 24:1d11a (8,3±0,2% от суммарных альдегидов). Обнаружены 7 стериннов, их содержание составило 47,2±3,8% от суммы всех липидных компонентов. Основными компонентами стериннов во всех исследуемых образцах являются холестерин (23,9±2% суммарных стериннов) и b-ситостерол (12±0,2% суммарных стериннов). В результате проведенного

эксперимента выявлены качественные и количественные изменения липидного состава в зависимости от температуры среды обитания.

Полученные данные могут быть использованы для дальнейших исследований в области изучения биохимических адаптаций гидробионтов. Работа выполнена в рамках фундаментальных научных исследований № VI.51.10. при частичной поддержке гранта РФФИ № 14-44-04165р_сибирь_a.

COLCHICINE INFLUENCE ON THE VALVE MORPHOGENESIS OF *AULACOSEIRA ISLANDICA* (O. MÜLLER) SIMONSEN

Bedoshvili Ye.D., Haritonenko K.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

bedoshvilied@list.ru

Diatoms are autotrophic eukaryote unicellular organisms which contribute 40% of primary production of carbon (including terrestrial plants) (Raugeneau et al., 2000). The main feature of diatoms is rigid cell wall (frustule, valve) consisting of amorphous silica. These species-specific siliceous frustules with complicated patterns and nanostructure are formed into the cells (Pickett-Heaps et al., 1990). For the several sea pennate and centric diatoms it was shown that frustule morphogenesis is under control of cytoskeleton (Tesson, Hildebrand, 2010; Van de Meene, Pickett-Heaps, 2002; Pickett-Heaps, Schmid, Edgar, 1990). Recently it was revealed that adding to synchronized culture of freshwater *Synedra acus* subsp. *radians* Kützing (Skabich.) of colchicine on the definite morphogenesis stage provokes characteristic anomaly for each valve development stage (Kharitonenko, Bedoshvili, Likhoshway, 2014).

The main purpose of given study was to determine colchicine influence on the siliceous valves in the cells of *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen. In the experiments with non-synchronized culture the maximal colchicine concentration under which the cells are alive and proliferate (sub-toxic concentration) was defined – 10 µg/ml. Valves were stained with specific vital dye LysoTracker® Yellow HCK-123 for the valve study by laser scanning microscopy.

As revealed scanning electron and confocal microscopy firstly abnormalities of girdle bands were observed in presence of colchicine: pore lines became irregular and the shape was disturbed. Sometimes areolae rows were broke and the valve face was not formed. According to data obtained with scanning electron microscopy there were different abnormalities of the linking spines. For example, spine shape was disturbed; some neighboring spines fused and sometimes were not formed.

Thus character of valve morphology abnormalities of *A. islandica* depends on stage of cell cycle in time of adding of colchicine. Work was supported by program No VI.50.1.3.

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРА МИКРОТРУБОЧЕК КОЛХИЦИНА НА МОРФОГЕНЕЗ СТВОРКИ *AULACOSEIRA ISLANDICA* (O. MÜLLER) SIMONSEN

Бедошвили Е.Д., Харитоненко К.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

bedoshvilied@list.ru

Диатомовые водоросли – автотрофные эукариотические одноклеточные организмы, на долю которых приходится 40% первичной продукции органического вещества на Земле (включая наземные растения) (Raugeneau et al., 2000). Особенностью диатомовых водорослей является жесткая клеточная стенка (панцирь), состоящая из аморфного кремнезема. Свои кремнистые панцири с генетически запрограммированными сложными узорами и наноструктурами диатомей синтезируют внутри клеток (Pickett-Heaps et al., 1990). Морфогенез панцирей контролируется цитоскелетом, что было показано для нескольких морских пеннатных и центрических диатомей (Tesson, Hildebrand, 2010; Van de Meene, Pickett-Heaps, 2002; Pickett-Heaps, Schmid, Edgar, 1990). В недавнем исследовании синхронизированной культуры пресноводной диатомовой водоросли *Synedra acus* subsp. *radians* Kützing (Skabich.) было показано, что добавление колхицина, ингибитора полимеризации микротрубочек, на определенных стадиях морфогенеза вызывает характерные для каждой стадии аномалии развития створок (Kharitonenko, Bedoshvili, Likhoshway, 2014).

Целью данной работы было определить влияние колхицина на формирование кремнистых створок в клетках *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen. В экспериментах с несинхронизированной культурой была определена максимальная концентрация колхицина, при которой клетки продолжают жить и делиться (субтоксичная концентрация); она составляла 10 мкг/мл. Для исследования створок с помощью лазерной сканирующей микроскопии проводили окрашивание специфическим прижизненным красителем LysoTracker® Yellow HCK-123.

Методом сканирующей электронной и лазерной сканирующей микроскопии было показано, что при культивировании *A. islandica* в присутствии колхицина в первую очередь наблюдаются аномалии морфологии поясковых ободков – становятся нерегулярными ряды пор и нарушается сама форма ободка. В некоторых случаях нарушается регулярность рядов ареол на створке и может не сформироваться ее лицевая часть. Сканирующая электронная микроскопия показала аномалии морфологии соединительных шипов – нарушается их форма, некоторые шипы «срачиваются», иногда вообще не образуются.

Таким образом, характер аномалий морфологии створок *A. islandica* зависит от того, на какой стадии клеточного цикла находилась клетка, когда в среду был добавлен колхицин. Работа выполнена в рамках бюджетных исследований № VI.50.1.3 (ФАНО - № 0345-2014-0001).

PREVALENCE OF GENE POLYMORPHISM OF GLUTATHIONE-S-TRANSFERASES IN ETHNIC GROUPS LIVING IN THE EASTERN SIBERIA

Belyaeva E., Yershova O., Bairova T., Kaljuzhnaja O.

Scientific Centre of the Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk,
Russian Federation
iphr@sbamsr.irk.ru

Genes of glutathione-S-transferase – *GSTM1*, *GSTT1* and *GSTP1* encode the amino acid sequence of corresponding enzymes which participates in the process of detoxification of xenobiotics. Polymorphism of these genes is widely studied in connection with susceptibility to different diseases, but not enough studied their prevalence in different ethnic groups.

The purpose of research to study the frequency of alleles and genotypes of the genes *GSTM1*, *GSTT1* and *GSTP1* in two ethnic groups: Buryat and Russian.

The group included 125 teenagers from 14 to 17 years living in Ust-Orda Buryat district of the Irkutsk region. Of them are 55 people - from the Buryat ethnic group and 70 - from the Russian ethnic group. Gene polymorphisms were investigated by means of the polymerase chain reaction (PCR). The material for the study was blood samples. Statistical analysis was performed using the program «Biostat». When analyzing the differences between the groups we used the test χ^2 , to assess the proportion of the difference – z test. Differences between groups were considered statistically significant at the significance level of 5% ($p < 0.05$).

For the *GSTP1* gene been studied diallel polymorphism. The consequence of nucleotide substitutions in two locus is the presence of four alleles: *A*, *B*, *C*, *D*. Allele *A* do not has substitutions - allele "wild-type", allele *B*, *C* – Includes replacement nucleotides of different localizations, *D* allele includes replacement in two locus. In our study, the frequency of allele *A*, *B*, *C*, distributed as follows: in the Buryat ethnic group – 80.9%, 16.4% and 2.7% in the Russian ethnic group – 65.7%, 30.7% and 3.6%. Allele *D* in our groups does not found. Differences in the frequency of alleles *GSTP1* are statistically significant ($\chi^2=7.301$; d.f.=2; $p=0.026$). The Buryat ethnic group was significantly greater frequency of allele *A* ($z=2.526$; $p=0.012$), in Russian ethnic group - in the allele *B* ($z=2.465$; $p=0.014$). According to the literature summary frequency of allele *B*, *C*, *D* in the world varies: 21% for Mongoloids, 33% for Caucasians, 42% for Negroid. According to our data the frequency of allele *B*, *C* in the Buryat and Russian ethnic groups, that relate to Mongolian and Caucasian race, amounted 19,1% and 34,3%, this is consistent with the literature.

The genes *GSTM1*, *GSTT1* investigated by insertion-deletion polymorphism. As a result of deletions in gene – enzyme do not produce, genotype - homozygous for deletion called "zero". The frequency of occurrence of "zero" genotype in the ethnic groups Buryat and Russian for *GSTM1* gene amounted 48.1% and 60.9% ($z=1.207$; $p=0.228$), for *GSTT1* gene amounted – 22.2% и 18.8% ($z=0.228$; $p=0.820$). Differences in the frequency of genotypes are not statistically significant.

Comparison of the frequency of alleles and genotypes of genes *GSTM1*, *GSTT1* and *GSTP1* in ethnic groups Buryat and Russian revealed statistically significant differences in the frequency of alleles *GSTP1* gene. Allele "wild-type" significantly is more common in the group of Buryat. The summary frequency of alleles *B*, *C* in the two ethnic groups: Buryat and Russian is consistent with the literature for Mongoloids and Caucasians. In this way, ethnic groups Buryat and Russian, living a long time in one area, keep the frequency alleles of the gene *GSTP1* typical for Mongolian and Caucasian race.

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ПОЛИМОРФИЗМОВ ГЕНОВ ГЛУТАТИОН-S-ТРАНСФЕРАЗ В ЭТНИЧЕСКИХ ГРУППАХ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Беляева Е.В., Ершова О.А., Баирова Т.А., Калюжная О.В.

Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека,
г. Иркутск, Россия
iphrr@sbamsr.irk.ru

Гены суперсемейства глутатион-S-трансфераз – *GSTM1*, *GSTT1* и *GSTP1* кодируют аминокислотную последовательность соответствующих ферментов, участвующих в процессах детоксикации ксенобиотиков. Полиморфизм этих генов широко изучается в связи с предрасположенностью к различным заболеваниям, при этом не достаточно изучена их распространенность у представителей разных этносов.

Цель исследования сравнить частоту встречаемости аллелей и генотипов генов *GSTM1*, *GSTT1* и *GSTP1* в двух этнических группах: буряты и русские.

Группа исследования включала 125 подростков от 14 до 17 лет, проживающих в Усть-Ордынском Бурятском округе Иркутской области. Из них 55 человек – представители коренной бурятской этногруппы и 70 – из русской этногруппы. Полиморфизм генов системы детоксикации ксенобиотиков исследовали с помощью метода полимеразной цепной реакции (ПЦР). Материалом для исследования служили образцы цельной венозной крови. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы «Biostat». При анализе различий между группами использовали критерий χ^2 , для оценки разницы долей – z критерий. Различия между группами считали статистически значимыми при уровне значимости 5% ($p < 0,05$).

По гену *GSTP1* исследовали диаллельный полиморфизм. Следствием нуклеотидных замен в двух локусах является наличие четырех аллелей гена: *A*, *B*, *C*, *D*. Аллель *A* не имеет замен – аллель «дикого типа», аллели *B*, *C* – несут по одной замене разной локализации, аллель *D* содержит замены в двух локусах. В нашем исследовании частота аллелей *A*, *B*, *C* распределилась следующим образом: в бурятской этногруппе - 80,9%, 16,4% и 2,7%, в русской этногруппе – 65,7%, 30,7% и 3,6%. Аллель *D* в наших выборках не обнаружен. Отличия по частоте встречаемости аллелей гена *GSTP1* статистически значимы ($\chi^2=7,301$; d.f.=2; $p=0,026$). В бурятской этногруппе статистически значимо больше частота встречаемости аллеля *A* ($z=2,526$; $p=0,012$), в русской этногруппе - аллеля *B* ($z=2,465$; $p=0,014$). По данным литературы совокупная частота встречаемости аллелей *B*, *C*, *D* в мире варьирует: от 21% у монголоидов, 33% у европеоидов, до 42% у негроидов. По нашим данным частота встречаемости аллелей *B*, *C* в бурятской и русской этногруппах, которые относятся к монгольской и европеоидной расам, составила 19,1% и 34,3%, что находится в соответствии с данными литературы.

Гены *GSTM1*, *GSTT1* исследованы по инсерционно-делеционному полиморфизму. В результате делеции синтез фермента не происходит, гомозиготный по делеции генотип называют «нулевым». Частота встречаемости «нулевого» генотипа в бурятской и русской этногруппах по гену *GSTM1* составила 48,1% и 60,9% ($z=1,207$; $p=0,228$), по гену *GSTT1* – 22,2% и 18,8% ($z=0,228$; $p=0,820$). Выявленные отличия статистически не значимы.

Сравнение частоты встречаемости аллелей и генотипов генов *GSTM1*, *GSTT1* и *GSTP1* в этнических группах бурят и русских выявило статистически значимые отличия по частоте встречаемости аллелей гена *GSTP1*. Аллель «дикого типа» статистически значимо чаще встречается у представителей коренного населения. Совокупная частота встречаемости аллелей *B*, *C* в сравниваемых группах соответствует данным литературы для монголоидов и европеоидов. Таким образом, бурятская и русская этногруппы, проживая длительное время на одной территории, сохраняют частотные характеристики аллелей гена *GSTP1* характерные для своей расы.

RESEARCH FORMATION OF BIOFILM LISTERIA MONOCYTOGENES AND ASSOCIATED SAPROTROPHIC BACTERIA ISOLATED FROM FOOD ITEMS

Berdasova A.S.¹, Buzoleva L.S.^{1,2}, Bogatyrenko E.A.^{1,2}

¹Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

²Research institute of epidemiology and microbiology n.a. G.P. Somov, Vladivostok,
Russia

berdasova_as@mail.ru

The objective was to study the ability of *L. monocytogenes* to form biofilms in the consortium of the bacteria isolated from food at varying temperatures.

In the first phase of the study was determined by the ability of strains of *L. monocytogenes* to form biofilms at a temperature 37°C. As a result of the conducted research, it was found that was different strains of the same species *L. monocytogenes* detected in different ability to form biofilms. So were installed strains with medium, strong and weak-forming ability to form biofilms. The most maximally expressed in the ability of this strain 5642/6 (optical density was 0.284), and poorly formed biofilm 9156/2 (optical density of this strain was equal 0.129).

To further investigate the ability of *L. monocytogenes* to form a biofilm, together with saprotrophic bacteria were taken strains *L. monocytogenes*, with maximum expression of the properties to the formation of biofilm, namely, 5642/6 and 9156/2. Experiments for the determination of *Listeria* with saprotrophic bacteria consortium was conducted at three temperatures (5°C, 22°C and 37°C)

Were investigated 66 variants of the formation of biofilms on two strains of *L. monocytogenes*: 5642/6, 9156/2 and 16 isolates of saprotrophic bacteria at three temperatures (5°C, 22°C and 37°C). It is shown that the biofilm formed *Listeria*, and saprotrophic bacteria.

Herewith the stimulating effect of biofilm formation by had 59.1% of strains. It should be noted that the temperature influence on biofilm-forming properties of a consortium of *L. monocytogenes* and saprotrophic bacteria, thus a larger number of variants of biofilm formation was observed when the temperature is 22°C.

Proportion of enhancing biofilm formation in consortium *Listeria* with saprotrophic bacteria isolated from plant products greater (61.5%) compared with saprotrophic bacteria isolated from meat products (38.5%). The proportion of strains with the stimulating effect of biofilm formation (4 or more) higher, than from plant products (51.3%) than that of meat (10.3%).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИОПЛЁНКООБРАЗОВАНИЯ *LISTERIA MONOCYTOGENES* И АССОЦИИРОВАННЫХ С НИМИ САПРОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Бердасова А.С.¹, Бузолева Л.С.^{1,2}, Богатыренко Е.А.^{1,2}

¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

²НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова,

Владивосток, Россия

Berdasova_as@mail.ru

Цель работы – изучить способность *L. monocytogenes* формировать биоплёнки в консорциуме с сапротрофными бактериями, выделенными с продуктов питания, при действии различных температур.

На первом этапе исследования была определена способность штаммов *L. monocytogenes* к биоплёнкообразованию при температуре 37°C. В результате проведенных исследований, было установлено, что у разных штаммов одного вида *L. monocytogenes* была обнаружена разная способность к биоплёнкообразованию. Так, можно было выделить штаммы со средне-, сильно- и слабо образующими способностями к биопленкообразованию. Наиболее максимально выражена эта способность у штамма 5642/6 (оптическая плотность составила 0,284), а слабобиоплёнкообразующими свойствами обладал штамм 9156/2 (оптическая плотность данного штамма была равна 0,129).

Для дальнейшего изучения способности *L. monocytogenes* образовывать биоплёнки совместно с сапротрофными микроорганизмами были взяты штаммы *L. monocytogenes*, с максимально выраженными биопленкообразующими свойствами, а именно 5642/6 и 9156/2. В качестве тест-культур были использованы 16 изолятов сапротрофных бактерий, ассоциированных с *L. monocytogenes* на различных продуктах питания. Опыты для определения биоплёнкообразующих свойств консорциумов листерий с сапротрофами проводили при трех температурах (5°C, 22°C и 37°C).

Всего было исследовано 66 вариантов биоплёнкообразования на двух штаммах *L. monocytogenes*: 5642/6, 9156/2 и 16 изолятов сапротрофов при трех температурах (5°C, 22°C и 37°C). Показано, что биоплёнкообразующими свойствами обладали, как листерии, так и сапротрофы.

При этом стимулирующим эффектом биоплёнкообразования обладали 59,1% штаммов. Стоит отметить, что температура оказывает влияние на биоплёнкообразующие свойства консорциума *L. monocytogenes* и сапротрофов, так, большее число биоплёнкостимулирующих вариантов было обнаружено при температуре равной 22°C.

Доля случаев усиления биоплёнкообразования в консорциумах листерий с сапротрофными бактериями, выделенными из растительных продуктов больше (61,5%) по сравнению с сапротрофами, выделенными из мясных продуктов (38,5%). При этом доля штаммов со

стимулирующим эффектом биоплёнкообразования (в 4 и более раз) выше из растительных продуктов (51,3%), чем из мясных (10,3%).

WATER QUALITY IN THE LOWER PART OF THE YENISEY RIVER

Bessudova A.Yu., Sorokovikova L.M., Firsova A.D., Tomberg I.V.

Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia

annabessudova@mail.ru

The Yenisey River is one of the largest in the world. By its physical geography condition, character of valley of river bed structure, water regime, the Yenisey River is divided into three parts (Grese, 1957). In this work, we show spatial dynamics of phytoplankton at the part of the Lower Yenisey from Dudinka City up to input into the Yenisey Gulf. The research is done in September, 2009. Total 27 samples are taken. The phytoplankton samples were treated by standard hydrobiological methods (Kiselev, 1956). Phytoplankton was counted and determined using light and electronic microscopy.

The studied river part is affected by waters incoming from the upper part and by marine tides. By species diversity, 2 genera were identified: *Stephanodiscus*, *Aulacoseira*. In the area of Dudinka City, species of the genus *Stephanodiscus* dominated. At comparatively low biomass of 310 mg/m³, phytoplankton abundance reached 1170 thousand cells/m³. Saprobity index is 2.4, waters are moderately polluted. Downstream (in the area of Baikalovskoye widening), maximal abundance and biomass of phytoplankton belonged to diatom algae *Aulacoseira* and *Fragilaria crotonensis*, green algae subdominated. The abundance varied from 550 to 1220 thousands cells/m³, and biomass - from 700 to 1700 mg/m³. Saprobity index increased and varied from 2.4 to 2.8 characterizing moderately polluted and polluted waters. At the part from Dorofeevsky Cape to Sopkarga Cape, the abundance varied from 320 to 662 thousand cells/m³, biomass – 340-900 mg/m³. Saprobity index varied from 2.1 to 2.6 characterizing moderately polluted and polluted waters. At the input into the Yenisey Gulf, some marine species were registered among the phytoplankton such as *Thalassiosira baltica*, *Cyclotella choctawatcheana*.

Comparing the results obtained with data of 1921–1957 (Usachev, 1928; Greze, 1957) one can notice the increase of small centric diatoms of the genus *Stephanodiscus*. The 5-fold increase of phytoplankton abundance in the Yenisey River was found out still in 1990ies (Kuz'mina, Kobanova, 1993). This is due to the increase of anthropogenic impact and to increase of biogenic elements concentrations in the water (Sorokovikova, Bashenkhaeva, 2000). At present, the output of nitrate nitrogen and of mineral phosphorus into the Yenisey Gulf increases the income 2-fold compared to 1960-1970.

The work is done within the program of RAS Presidium “Integrated Research of Arctic Shelf”, Project 20.7.

References

- Greze V.N. 1957. Fishes from the Yenisey River as Food Resources and Their Usage. Izv. VNIORKH. Moscow: Pishchepromizdat. 41. 234 p.
- Kiselev I.A. 1956. Methods for phytoplankton research. Life in fresh waters of USSR. 4(1). 183-265.
- Kuz'mina A.Ye., Kobanova G. 1993. Centric diatoms in water reservoirs at Angara and Yenisey Rivers. Fifth Diatoms School: Diatoms as indicators of climate and environmental changes. Proceedings; Irkutsk, Russia. 23-26.
- Sorokovikova L.M., Bashenkhaeva N.V. 2000. Eutrophication and water quality in the Yenisey River. Water Resources. 4. 498-503.
- Usachev P.I. 1928. On algal flora of the Yenisey River. Proceedings of Siberian Fishery Research Station. Krasnoyarsk. 3. 3-84.

КАЧЕСТВО ВОД НИЖНЕГО УЧАСТКА РЕКИ ЕНИСЕЙ

Бессудова А.Ю., Сороковикова Л.М., Фирсова А.Д., Томберг И.В.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

annabessudova@mail.ru

Енисей – одна из крупнейших рек мира. По физико-географическим условиям, характеру строения долины и русла, водному режиму Енисей делят на три участка (Грезе, 1957). В данной работе показана пространственная динамика фитопланктона на участке нижнего Енисея от г. Дудинки до выхода в Енисейский залив. Исследования выполнены в сентябре 2009 г. Всего отобрано 27 проб. Обработка проб фитопланктона проводилась стандартными в гидробиологии методами (Киселев, 1956). Подсчет и определение фитопланктона осуществляли с помощью световой и электронной микроскопии.

Исследованный участок реки находится под влиянием вод поступающих с верхнего участка и морских приливов. По видовому разнообразию выделено 2 рода: *Stephanodiscus*,

Aulacoseira. В районе г. Дудинки доминировали виды рода *Stephanodiscus*. При сравнительно не высокой биомассе 310 мг/м³ численность фитопланктона достигала 1170 тыс. кл./м³. Индекс сапробности равен 2,4 воды относятся к умеренно-загрязненным. Ниже по течению (в районе Байкаловского расширения) основу численности и биомассы фитопланктона составляли диатомовые водоросли *Aulacoseira* и *Fragilaria crotonensis*, им субдоминировали зеленые. Численность изменялась от 550 до 1220 тыс. кл./м³, а биомасса от 700 до 1700 мг/м³. Индекс сапробности повысился и варьировал от 2,4 до 2,8 умеренно-загрязненные и загрязненные воды. На участке от мыса Дорофеевский до мыса Сопкарга численность изменялась от 320 до 662 тыс. кл./м³, биомасса от 340-900 мг/м³. Индекс сапробности варьировал от 2,1 до 2,6 воды умеренно-загрязненные и загрязненные. На выходе в Енисейский залив в составе фитопланктона зарегистрированы морские виды – *Thalassiosira baltica*, *Cyclotella choctawatcheana*.

Сравнивая полученные результаты с данными 1921–1957-х гг. (Усачев, 1928; Гресе, 1957) можно отметить увеличение мелких центральных диатомовых рода *Stephanodiscus*. Увеличение численности фитопланктона в Енисее в 5 раз отмечено еще в 1990-х годах (Кузьмина, Кобанова, 1993), что обусловлено повышением антропогенной нагрузки и увеличением в воде концентраций биогенных элементов (Сорокикова, Башенхаева, 2000). В настоящее время вынос нитратного азота и минерального фосфора в Енисейский залив более чем в два раза превышает сток в 1960-1970 гг.

Работа выполнена в рамках программы Президиума РАН «Комплексные исследования Арктического шельфа», проект 20.7.

Литература

Гресе В.Н. 1957. Кормовые ресурсы рыб реки Енисей и их использовании. Изв. ВНИИОРХ. М.: Пищепромиздат. 41. 234 с.

Киселев И.А. 1956. Методы исследования фитопланктона. Жизнь пресных вод СССР. 4 (1). 183-265.

Кузьмина А.Е., Кобанова Г. 1993. Центрические диатомеи Ангаро-Енисейских водохранилищ. Пятая школа по диатомовым водорослям: Диатомовые водоросли-индикаторы изменений окружающей среды и климата: Тезисы; Иркутск, Россия. 23-26.

Сорокикова Л.М., Башенхаева Н.В. 2000. Евтрофирование и качество воды Енисей. Водные ресурсы. 4. 498-503.

Усачев П.И. 1928. Материалы к флоре водорослей реки Енисей. Тр. Сибирской научной рыбохозяйственной станции. Красноярск. 3 (2). 3-84.

THE INFLUENCE OF WIND AND DEPTH OF THE RESERVOIR ON THE FORMATION OF THE CURRENTS AND SPRING THERMAL BAR IN A RESERVOIR, PARTIALLY COVERED WITH ICE

Blokhina N.S.

Moscow State University, Faculty of Physics

blokhinans@gmail.com

The formation of the currents and thermal regime of fresh and slightly salty reservoirs in spring and autumn is associated with the emergence and development of thermal bar. A spring thermal bar occurs at warming of surface waters up to a temperature of maximum density (4°C in fresh water) and sinking of them to the reservoir bottom. In this way the front partition (thermal bar) gets formed, which defines a system of currents in the reservoir and limits the exchange of energy and substance between the heated coastal and cool deep waters. In nature, the thermal bar is developing under different weather conditions. Influence of solar radiation flux, air temperature and humidity, wind speed and direction, ice condition of the reservoir and its depth, the water inflow from the side rivers, etc. - all this influences the lifetime, development and characteristics of the thermal bar, and, consequently, the thermohydrodynamic processes in the reservoir.

In this study the effect of wind on the development of thermal bar and currents in reservoirs of different depths, partly covered with ice, is investigated, with the help of mathematical modeling based on nonlinear system of Navier-Stokes equations in the Boussinesque approximation.

The peculiarity of the thermodynamic processes in the reservoirs during the melting of the ice cover is connected with the emergence of the intense cold vortex at the ice edge [1]. This process together with the impact of wind on the reservoir surface significantly affects the development of the thermal bar and the currents in the waters.

The research shows that the wind direction significantly determines thermohydrodynamic processes in the water as it influences the development of the thermal bar in different ways. When the wind blows in the coast direction, the two forces confront each other. The first one occurs due to the density instability of water (it is caused by abnormal dependence of the density on the temperature), and it leads to the thermal bar formation. This force also helps the thermal bar to move to the reservoir center.

The force, caused by the wind impact, moving towards the coast, opposes the first force. When the wind blows from the coast, density instability, contributing to the thermal bar transition from the coast, and wind impact influence the thermal bar in the same direction.

The prevailing mechanisms of instability of the water masses in the lakes of different depths under the wind impact on their surface are revealed. It is shown that in the shallow reservoirs the predominant mechanism of instability is associated with the drift current, and in the deep reservoirs – with convective instability of the water masses.

It is also shown that thermal bar interpretation, as an area of water convergence on the fresh water surfaces in the area of 4°C isotherm (in the classical understanding) is not always justified. The higher wind speed is, the deeper the reservoir should be in order to get the zone of divergence of water masses close to 4 ° C isotherm. In this case the classic interpretation of thermal bar is correct. In the shallow reservoirs, even at the low wind speed, the difference of these zones is significant.

This work was supported by RFBR (grants 14-05-00822, 15-01-06363).

References

Blokhina N.S., Ordanovich A.E. 2012. The influence of ice cover on a reservoir on the development of a spring thermal bar. Moscow. Univ. Phys. Bull. 67 (1). 109-115.

ВЛИЯНИЕ ВЕТРА И ГЛУБИНЫ ВОДОЕМА НА ФОРМИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ И ВЕСЕННЕГО ТЕРМОБАРА В ВОДОЕМАХ, ЧАСТИЧНО ПОКРЫТЫХ ЛЬДОМ

Блохина Н.С.

МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия
blokhinans@gmail.com

Формирование течений и термического режима пресных и слабосоленых водоемов весной и осенью связано с возникновением и развитием в них термического бара. Весенний термобар возникает при прогреве поверхностных вод до температуры максимальной плотности (в пресных водоемах 4°C) и опускании их ко дну. При этом формируется фронтальный раздел (термобар), определяющий систему течений в водоеме и ограничивающий обмен энергией и веществом между прогретыми прибрежными и более холодными глубинными водами. В природных условиях термобар развивается при различных гидрометеорологических условиях. Влияние потока солнечной радиации, температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, ледового состояния водоема и его глубины, притока воды от впадающих в него рек и др. – все это сказывается на времени жизни и особенностях развития термобара, а, следовательно, и на термогидродинамических процессах в водоеме.

В работе с помощью математического моделирования на основе нелинейной системы уравнений Навье-Стокса в приближении Буссинеска исследуется влияние ветра на развитие термобара и течений в водоемах различной глубины, еще полностью не освободившихся ото льда.

Особенность термодинамических процессов в водоемах в период таяния ледового покрова связана с возникновением у кромки льда интенсивного холодного вихря [1]. Его существование совместно с ветровым воздействием на водную акваторию определяет характер развития течений и термобара.

Показано, что направление ветра в значительной степени определяет термогидродинамические процессы в водоеме, так как оно по-разному влияет на развитие термобара. При ветре, направленном к берегу, друг другу противостоят две силы. Первая возникает вследствие плотностной неустойчивости воды (вызвана аномальной зависимостью плотности от температуры) и приводит к образованию термобара. Она способствует его перемещению к центру водоема. Ей противодействует сила, вызванная ветровым воздействием, направленная к берегу. При ветре, направленном от берега, плотностная неустойчивость, способствующая перемещению термобара от берега, и ветровое воздействие оказывают влияние в одном направлении.

Выявлены преобладающие механизмы неустойчивости водных масс в озерах различной глубины при ветровом воздействии на их поверхность. В неглубоких водных объектах неустойчивость связана с дрейфовым течением, а в глубоких – с плотностной конвекцией.

Показано, что трактовка термобара в классическом его понимании как области схождения воды на поверхности пресных водоемов в районе расположения изотермы 4°C не всегда правомерна. Чем больше глубина водного объекта, тем при больших скоростях ветра область дивергенции водных масс близка к изотерме 4°C. В этом случае верна классическая трактовка термобара. В мелких водоемах, даже при незначительных ветрах расхождение этих зон значительно.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 14-05-00822, 15-01-6363).

Литература

Блохина Н.С., Орданович А.Е. 2012. Влияние ледового покрова водоема на развитие весеннего термобара. Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 67 (1). 113-118.

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY OF THE AIR ON THE DEVELOPMENT OF A SPRING THERMAL BAR AND ENERGY EXCHANGE BETWEEN A RESERVOIR AND ATMOSPHERE AT NIGHT

Blokhina N.S.

Moscow State University, Faculty of Physics, Moscow, Russia
blokhinans@gmail.com

Mathematical modeling is used in this study in order to investigate the influence of temperature and relative humidity of the air at night on the development of energy exchange between a reservoir and atmosphere, change of the reservoir heat storage and movement of the spring thermal bar.

A specific feature of spring time heating of fresh and slightly salty reservoir is connected to the formation of a thermal bar, representing a frontal interface with a temperature close to that of maximal water density (for freshwater bodies, this is 4°C). Here the surface waters sink to the reservoir bottom.

At the same time the convective cells are activated on the left and right of the thermal bar, forcing the warm coastal water to move towards the open water, and the cold deep water to move to the coast, which contributes to the intensification of a reservoir heating.

The main thing in the reservoir heating process, and hence in the formation of thermal bar in the spring time, is a radiant solar heat flux Q_R . The heat fluxes formed at the water body-atmosphere interface due to contact heat exchange Q_T (sensible heat flux) and evaporation Q_L (latent heat flux) can contribute to either heating or cooling of the surface waters (depending on the meteorological conditions). The calculations have shown that at low temperatures the latent heat flux is contributing to a reservoir cooling. The higher air temperature and relative humidity is, the larger area of the water surface receives the additional heat. The value of Q_L can reach 20-30% of the radiation balance of flow $Q_R = 200 \text{ W/m}^2$, which was specified by the author under the modeling of thermal bar development in the daytime. During the spring thermal bar development a significant temperature difference between the warmed coastal waters and cold deep waters is observed. This also affects the intensity of the heat flux Q_L and Q_T and their direction along the reservoir waters. Thus the heat flows Q_T in coastal and central part of the reservoir may differ up to 40%. The total flux of latent and sensible heat can overall reach 50% of the Q_R value (for our calculation parameters).

The flux Q_I always contributes to water cooling. It varies along the reservoir waters, depending on the temperature of the surface waters, and is little dependent on the meteorological parameters. In this case, the value of Q_I is an order greater than the values of the sensible and latent heat fluxes. In the absence of radiative heat flux at night ($Q_R=0$) Q_I is playing the main role in the changes of water heat storage in the night time.

Changing of these flows leads to the change of direction of the thermal bar movement. If during the day time its movement is usually directed to the coast, at night it usually moves from the coast. The calculations show that at night time the thermal bar is moving to the coast direction at a faster speed than it does during the day time. However, the daily motion of the thermal bar is directed towards the reservoir center because its daytime heating is longer than the nighttime cooling. It is shown that the velocity of the thermal bar at night and its average speed during the twenty-four hours period are close to each other.

It was also shown that the cooling of the water body is the largest at the low air temperature and humidity that can decrease the reservoir heat storage during the night cooling up to 4% of its total value.

This work was supported by RFBR (grants 14-05-00822, 15-01-06363).

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА РАЗВИТИЕ ВЕСЕННЕГО ТЕРМОБАРА И ЭНЕРГООБМЕН МЕЖДУ ВОДОЕМОМ И АТМОСФЕРОЙ В НОЧНОЕ ВРЕМЯ

Блохина Н.С.

МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия
blokhinans@gmail.com

В работе с помощью математического моделирования исследуется влияние температуры и относительной влажности воздуха в ночное время на энергообмен на границе раздела водоем-атмосфера, изменение теплозапаса водоема и перемещение весеннего термобара.

Особенность прогрева пресных и слабосоленых водоемов весной связана с возникновением в них термобара, который представляет собой фронтальный раздел с температурой, близкой к температуре максимальной плотности воды (для пресных водоемов – 4°C). Здесь поверхностные воды опускаются до дна. При этом слева и справа от термобара возбуждаются конвективные ячейки, принуждающие теплую прибрежную воду перемещаться в сторону открытой воды, а холодные глубинные воды – к берегу, что способствует интенсификации нагрева водоема.

Основным в процессе нагрева водоема, а, следовательно, и в образовании термобара весной, является радиационный поток тепла от Солнца Q_R . Потоки тепла, возникающие на границе раздела водоем-атмосфера за счет контактного теплообмена Q_T (явный поток тепла) и испарения Q_L (скрытый поток тепла), могут способствовать, как нагреву поверхностных вод, так и их охлаждению (в зависимости от метеорологических условий). Расчеты показали, что при низких температурах воздуха скрытый поток тепла способствует охлаждению водоема. Чем выше температура воздуха и его влажность, тем большая акватория водоема получает дополнительное тепло. По своему значению Q_L может достигать до 20-30% от радиационного балансового потока $Q_R=200$ Вт/м², заданного автором при моделировании термобара днем.

Во время развития весеннего термобара наблюдается значительная разница температур между прогретыми прибрежными водами и холодными глубинными. Это также влияет на интенсивность потоков тепла Q_L и Q_T и их направление вдоль акватории водоема. Так потоки тепла Q_T в прибрежной зоне и центральной части водоема могут отличаться на 40%. В целом (для наших параметров расчета) суммарный поток скрытого и явного тепла может достигать до 50% от значения Q_R .

Поток тепла за счет длинноволнового излучения Q_I всегда способствует охлаждению водоема. Он изменяется вдоль акватории водоема в зависимости от температуры поверхностных вод и мало зависит от метеорологических параметров. При этом значение Q_I на порядок величины больше явного и скрытого потоков тепла. При отсутствии радиационного потока тепла ночью ($Q_R=0$) Q_I играет основную роль в изменении теплозапаса водоема в это время.

Изменение этих потоков приводит к изменению направления движения термобара. Если в дневное время его перемещение направлено, как правило, к берегу, то ночью – от берега. Как показывают расчеты, в ночное время термобар перемещается к берегу с большей скоростью, чем днем. Однако в целом, из-за более длительного времени прогрева водоема днем, в среднем в течение суток наблюдается перемещение термобара к центру водоема. Показано, что скорость перемещения термобара в ночное время и его среднесуточная скорость близки.

Показано, что наибольшее охлаждения водоема наблюдается при низких температурах и влажности воздуха, что может уменьшить тепловой запас водоема за время ночного выхолаживания до 4% от общего запаса тепла в нем.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 14-05-00822, 15-01-06363).

BAYKAL COTTOID FISHES: BIODIVERSITY, SPECIATION, SYSTEMATICS

Bogdanov B.E.

Limnological Institut SB RAS, Irkutsk, Russia
bakhtiar.bogdanov@mail.ru

It is known that the specificity of the Baikal fish fauna is determined by a variety of endemic cottoidfishes. The lake is inhabited by 40 species belonging to 12 genera: *Abyssocottus korotneffi* Berg, 1906; *A. elochini* Taliev, 1955; *A. fuscus* Bogdanov, 2014; *A. gibbosus* Berg, 1906; *A. pumilus* Bogdanov, 2014; *A. subulatus* Dybowski, 1908; *Asprocottus herzensteini* Berg, 1906; *A. abyssalis* Taliev, 1955; *A. intermedius* Taliev, 1955; *A. korjakovi* Sideleva, 2001; *A. parmiferus* Taliev, 1955; *A. platycephalus* Taliev, 1955; *A. pulcher* Taliev, 1955; *Batrachocottus baicalensis* Dybowski, 1874; *B. multiradiatus* Berg, 1907; *B. nikolskii* Berg, 1901; *B. talievi* Sideleva, 1999; *Comephorus baicalensis* Pallas, 1776; *C. dybowskii* Korotneff, 1904; *Cottinella bouleengeri* Berg, 1906; *Cottocomephorus inermis* Jakowlew, 1890; *C. comephoroides* Berg, 1901; *C. grewingkii* Dybowski, 1874; *Cyphocottus megalops* Gratzianow, 1902; *C. elegans* Taliev, 1948; *Leocottus kesslerii* Dybowski, 1874; *Limnocottus godlewskii* Dybowski, 1874; *L. bergi* Dybowski, 1908; *L. bergianus* Taliev, 1935; *L. griseus* Taliev, 1955; *L. pallidus* Taliev, 1948; *Neocottus werestschagini* Taliev, 1935; *N. thermalis* Sideleva, 2002; *Paracottus knerii* Dybowski, 1874; *Procottus jeittelesii* Dybowski, 1874; *P. bicolor* Dybowski, 1908; *P. gotoi* Sideleva, 2001; *P. gurwicii* Taliev, 1946; *P. major* Taliev, 1944; *P. minor* Taliev, 1946.

This evolutionarily young group, formed directly in the lake, in a sympatric habitat. Along with “good species” in the lake inhabited by the “forms” at different stages of speciation, which gives the key to understanding the possible scenarios of the origin of species.

Research has shown that well-defined taxonomic boundaries of typical for deep-water species of the genera *Abyssocottus*, *Asprocottus*, *Comephorus*, *Cottinella*, *Limnocottus* and *Neocottus*. Coastal and eurybathic genera *Batrachocottus*, *Cottocomephorus*, *Cyphocottus*, *Leocottus*, *Paracottus* and *Procottus* were characterized by a high intraspecific polymorphism and the lack of clear interspecies differences.

The character of interspecies differences and intraspecific polymorphism suggests that speciation of Baikal cottoid fishes happened is ongoing by the morpho-ecological diversification of the original species, followed by reproductive isolation intraspecific forms. The main ways of intra-Baykal speciation are landscape-bathymetric segregation of populations, intraspecific differentiation into large, small and dwarf forms. A primary reproductive isolation provides spawning populations at different times.

БАЙКАЛЬСКИЕ КОТТОИДНЫЕ РЫБЫ: БИОРАЗНООБРАЗИЕ, ВИДООБРАЗОВАНИЕ, СИСТЕМАТИКА

Богданов Б.Э.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

bakhtiar.bogdanov@mail.ru

Известно, что специфика байкальской ихтиофауны определяется разнообразием эндемичных коттоидных рыб. В озере обитают 40 видов, относящихся к 12 родам: *Abyssocottus korotneffi* Berg, 1906; *A. elochini* Taliev, 1955; *A. fuscus* Bogdanov, 2014; *A. gibbosus* Berg, 1906; *A. pumilus* Bogdanov, 2014; *A. subulatus* Dybowski, 1908; *Asprocottus herzensteini* Berg, 1906; *A. abyssalis* Taliev, 1955; *A. intermedius* Taliev, 1955; *A. korjakovi* Sideleva, 2001; *A. parmiferus* Taliev, 1955; *A. platycephalus* Taliev, 1955; *A. pulcher* Taliev, 1955; *Batrachocottus baicalensis* Dybowski, 1874; *B. multiradiatus* Berg, 1907; *B. nikolskii* Berg, 1901; *B. talievi* Sideleva, 1999; *Comephorus baicalensis* Pallas, 1776; *C. dybowskii* Korotneff, 1904; *Cottinella boulengeri* Berg, 1906; *Cottocomephorus inermis* Jakowlew, 1890; *C. comephoroides* Berg, 1901; *C. grewingkii* Dybowski, 1874; *Cyphocottus megalops* Gratzianow, 1902; *C. elegans* Taliev, 1948; *Leocottus kesslerii* Dybowski, 1874; *Limnocottus godlewskii* Dybowski, 1874; *L. bergi* Dybowski, 1908; *L. bergianus* Taliev, 1935; *L. griseus* Taliev, 1955; *L. pallidus* Taliev, 1948; *Neocottus werestschagini* Taliev, 1935; *N. thermalis* Sideleva, 2002; *Paracottus knerii* Dybowski, 1874; *Procottus jeittelesii* Dybowski, 1874; *P. bicolor* Dybowski, 1908; *P. gotoi* Sideleva, 2001; *P. gurwicii* Taliev, 1946; *P. major* Taliev, 1944; *P. minor* Taliev, 1946.

Это эволюционно молодая группа, сформировавшаяся непосредственно в Байкале, в условиях симпатрического обитания. Наряду с «хорошими видами» в Байкале обитают «формы», находящиеся на разных этапах видообразования, что даёт ключ к пониманию возможных сценариев происхождения видов.

Исследование показало, что хорошо выраженные таксономические границы характерны для глубоководных видов родов *Abyssocottus*, *Asprocottus*, *Comephorus*, *Cottinella*, *Limnocottus* и *Neocottus*. Для прибрежных и эврибатных коттоид родов *Batrachocottus*, *Cottocomephorus*, *Cyphocottus*, *Leocottus*, *Paracottus* и *Procottus* характерен высокий внутривидовой полиморфизм и отсутствие чётких межвидовых различий.

Характер межвидовых различий и внутривидового полиморфизма позволяет предположить, что видообразование у байкальских коттоидных рыб происходило и продолжается в настоящее время путём морфо-экологической диверсификации исходного вида, с последующей репродуктивной изоляцией образовавшихся форм. Основными «инструментами» видообразования служат ландшафтно-батиметрическая сегрегация популяций, внутривидовая дифференциация на крупную, мелкую и карликовую формы. А первичную репродуктивную изоляцию обеспечивает разновременный нерест популяций.

ANALYSIS OF DIATOM ALGAE FROM THE WATER COLUMN AND BOTTOM SEDIMENTS OF SHIRA LAKE (KHAKASSIA, RUSSIA)

Bolobanschikova G.N.¹, Rogozin D.Yu.^{1,2}, Firsova A.D.³, Rodionova E.V.³, Degermendzhy N.N.⁴, Shabanov A.V.⁵

¹Institute of Biophysics Siberian branch of RAS, Krasnoyarsk, Russia

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

³Limnological Institute, SB RAS, Irkutsk, Russia

⁴Krasnoyarsk state medical University by V.F.Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk, Russia

⁵L.V. Kirensky Institute of physics SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

galina.ibp@mail.ru

Lake Shira as a meromictic lake is object of interest for paleolimnological studies. In May 2011 core samples were collected from the bottom of Lake Shira and the species composition of diatom algae, which serve as bioindicators of the state of the lake, were studied. In addition, in 2012, seasonal water

samples and material from sediment traps were collected and the species composition of diatoms in them was analyzed. The results of the analysis showed that the lake, like in previous years of research, was dominated by *Cyclotella choctawhatcheeana* Prasad. Diatoms were found twice in the studied core above the white carbonate layers and were absent in other layers. The species living in the lake at present were observed down to the first white carbonate layer, including the predominant *Cyclotella choctawhatcheeana*. This fact presumably proves the consistency of the species composition of diatoms and the overall stable condition of the lake since 1946 (Rogozin et al., 2005). Down to the second white carbonate layer, the dominant species were *Aulacosira valida* (Grunow) Krammer and *Aulacosira italica* (Grunow) Simonsen. *Nitzschia sigmodea* (Nitzsch) W. Smith and *Fragilaria construens* var. *venter* (Ehrenberg) Grunow were also observed at these depths, dating approximately to 1655-1690. These are freshwater species that belong to the diatoms of arctic, alpine, and temperate latitudes, which develop in shallow waters under moderate temperature conditions. This fact suggests that Lake Shira was less salty in the middle and end of the 17th century than today.

АНАЛИЗ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ВОДНОЙ ТОЛЩИ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ШИРА (ХАКАСИЯ, РОССИЯ)

Болобанщикова Г.Н.¹, Рогозин Д.Ю.^{1,2}, Фирсова А.Д.³, Родионова Е.В.³, Дегерменджи Н.Н.⁴, Шабанов А.В.⁵

¹ Институт биофизики Сибирского отделения РАН, Красноярск, Россия

² Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Россия

³ Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

⁴ Красноярский государственный медицинский университет им. В.Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Россия

⁵ Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск, Россия
galina.ibp@mail.ru

Меромиктические озера представляют собой интересные объекты для изучения с точки зрения палеолимнологии. Озеро Шира является одним из таких озер. В мае 2011 года со дна озера был взят керн и изучен видовой состав биоиндикатора состояния, и развития озера – диатомовых водорослей. Также, в течение 2012 года были отобраны и проанализированы на видовой состав диатомовых сезонные пробы воды и материалы седиментационных ловушек. Результаты анализа проб воды и седиментационного материала показали, что на данный момент в озере, как и в предыдущие годы исследований, доминирует вид *Cyclotella choctawhatcheeana* Prasad. В исследованном керне диатомовые водоросли были обнаружены дважды - перед белым карбонатными слоями. В других слоях стратиграфически диатомовые отсутствовали. До 1-го белого слоя наблюдались виды, обитающие в озере и в настоящее время, в том числе и доминирующая в озере на данный момент *C. choctawhatcheeana*, что предположительно свидетельствует о неизменности видового состава диатомей озера с 1946 года, а вместе с тем и состояния водоема в целом. До 2-го белого карбонатного слоя доминирующими видами, судя по количеству створок, являлись *Aulacoseira valida* (Grunow) Krammer и *A. Ambigua* (Grunow) Simonsen. Помимо них на этих глубинах, датирующихся приблизительно 1655-1690 гг., встречались *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W. Smith, *Fragilaria construens* var. *venter* (Ehrenberg) Grunow. Данные виды являются пресноводным и относятся к группе диатомей арктических, альпийских и умеренных широт, развивающихся в мелководных водоемах в умеренных температурных условиях, что свидетельствует о том, что озеро Шира в середине и конце 17 века являлось менее соленым, чем в настоящее время [1].

Литература

1. Bolobanshikova G.N., Rogozin D.Yu., Firsova A.D., Rodionova E.V., Degermendzhy N.N., Shabanov A.V. 2015. Analysis of diatom algae from the water column and bottom sediments of Shira Lake (Khakassia, Russia). Contemporary Problems of Ecology. 8 (2). 173-185.

SPECIFIC CHARACTERISTICS OF CURRENT STRUCTURE OF MICROPLANKTON IN LAKE BAIKAL

Bondarenko N.A., Obolkina L.A.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

nina@lin.irk.ru, ola@lin.irk.ru

Protists are an informative link in the assessment of the state of aquatic ecosystems because of their short life cycle and ability of fast response to environmental changes. The state of planktonic ciliates and phytoplankton was analysed using literature data (Gajewskaja, 1933; Antipova, 1964; Kaplin, 1970; Popovskaya, 1991; Baikal Science, 2012, etc.) and original data.

In recent years, the composition of planktonic ciliates changed, especially in the littoral area during the ice period. Species diversity of the cold-water spring assemblage was enriched with haptorids and prostomatids. Species of the genera *Didinium*, *Monodinium*, *Cyclotrichium*, *Bursellopsis*, and *Urotricha*, which had not been recorded in Lake Baikal before, were detected. *Marituja pelagica*, which was considered to be a lake endemic species, was found rarely and in smaller amount. The dominant assemblage of ciliates of the late 1990-s and early 2000-s differed from that of 1926-1928 and the 1960-s: oligotrichs were represented by *Strombidium* in low-productive years and by tintinnids in years of mass development of diatoms. The littoral plankton can be dominated by prostomatids during the growth of dinoflagellates, whereas the plankton near the settlements is represented by the most common strobilidiids.

The abundance of the genus *Chlamydomonas* inhabiting the littoral phytoplankton increased sharply in summer (up to 10^3 cells/L). In 1975-1999, however, the researchers did not register these nanoplanktonic algae in the plankton. Their single specimens were recorded only in the early 2000-s. Moreover, other new inhabitants of the littoral plankton were recorded in abundance: filamentous algae of the genus *Spirogyra*, whose rapid vegetation in the benthic communities had been described earlier (Kravtsova et al., 2012; Timoshkin et al., 2014). The algae of the “Baikal assemblage” were not recorded here or only single specimens were registered in the spring period of highly-productive years of the 21st century: *Aulacoseira baicalensis*, *Cyclotella baicalensis*, and *Stephanodiscus meyeri*, which were considered endemic species of the lake, and a spore-forming form *A. islandica*. The abundance of large-cell diatoms decreased in the pelagic area by the end of the 20th century (up to 1-2 g/m³; early their biomass could reach 4 g/m³ in spring). A haptophyte nanoplanktonic alga from the genus *Chrysochromulina*, registered earlier in summer, is now a constant and abundant inhabitant of both pelagic and littoral areas of the lake. Mass mortality of fish in small European lakes was attributed to intense growth of representatives of this species (Hansen et al., 1994).

Another interesting fact is that the littoral and pelagic areas of the three basins of Lake Baikal are inhabited by chrysophytes of the genera *Bitrichia* and *Dinobryon*, typical dwellers of mountainous lakes of Pribaikalye, which have not been recorded before.

Taking into consideration close dependence of the composition and abundance of planktonic ciliates on the composition and abundance of phytoplankton, we may state that the changes revealed in the lake protist assemblage may be affected by the same factors caused these changes. If the increase of the role of the small-cell plankton in the littoral area may be attributed to the increase of the local anthropogenic impact, the emergence of species inhabiting the mountainous lakes is the effect of a more global factor.

This work was supported by the state budget project of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences VI.51.1.10 “Recent State, Biodiversity and Ecology of the Littoral Zone of Lake Baikal”.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ МИКРОПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Бондаренко Н.А., Оболкина Л.А.

Лимнологический институт Сибирского отделения РАН, г. Иркутск, Россия

nina@lin.irk.ru, ola@lin.irk.ru

Протисты являются информативным звеном при оценке состояния водных экосистем в связи с коротким жизненным циклом и способностью быстро реагировать на изменения окружающей среды. С использованием литературных (Gajewska, 1933; Антипова, 1964; Каплин, 1970; Поповская, 1991, Байкаловедение, 2012 и др.) и оригинальных данных проведен анализ состояния планктонных инфузорий и фитопланктона на современном этапе.

В последние годы в составе планктонных инфузорий произошли изменения, особенно заметные в прибрежной зоне в подледный период. За счет гапторид и простомат увеличилось видовое разнообразие холодноводного весеннего комплекса, появились ранее не отмеченные для Байкала виды родов *Didinium*, *Monodinium*, *Cyclotrichium*, *Bursellopsis*, *Urotricha*; реже и в меньшем количестве встречается считавшаяся эндемиком озера *Marituja pelagica*. Доминантный комплекс инфузорий в конце 90-х и начале 2000-х отличался от 1926-28 гг. и 60-х гг.: стали преобладать малоресничные инфузории, представленные в малопродуктивные годы стромбидиумами, а в годы массового развития диатомовых водорослей – тинтиннидами. В прибрежном планктоне в периоды развития динофитовых могут доминировать простоматы, в планктоне у населенных пунктов – широко распространенные стробилидиумы.

В прибрежном фитопланктоне летом резко возросла численность видов рода *Chlamydomonas* (более 100 тыс. кл./л). Ранее (1975-1999 гг.) исследователи эти нанопланктонные водоросли в составе планктона не регистрировали, в единичных количествах стали отмечать только в начале 2000-х годов. Кроме того, в прибрежном планктоне в обилии присутствуют

другие новые обитатели – нитчатые водоросли рода *Spirogyra*, бурная вегетация которых в донных сообществах описана ранее (Кравцова и др., 2012; Тимошкин и др., 2014). Здесь же в весенний период продуктивных годов XXI века отсутствовали (или были представлены единичными экземплярами) водоросли «байкальского комплекса»: считавшиеся эндемиками озера *Aulacoseira baicalensis*, *Cyclotella baicalensis*, *Stephanodiscus meyeri*, а также спорообразующая форма *A. islandica*. В пелагиали обилие крупноклеточных диатомовых водорослей снизилось к концу XX века, до 1-2 г/м³, раньше в высокопродуктивные годы биомасса весеннего комплекса могла достигать 4 г/м³. Гаптофитовая нанопланктонная водоросль из рода *Chrysochromulina*, прежде встречавшаяся летом, теперь является постоянным и многочисленным обитателем и пелагиали, и побережья озера. С интенсивным развитием представителей этого рода в малых озерах Европы связывают массовую гибель рыбы (Hansen et al., 1994). И самый интересный факт – это присутствие не только в прибрежье, но и в пелагиали всех 3-х котловин типичных обитателей горных озер Прибайкалья – видов золотистых водорослей из родов *Bitrichia* и *Dinobryon*, которые ранее в Байкале не регистрировались.

Учитывая тесную зависимость состава и количества планктонных инфузорий от состава и обилия фитопланктона, можно констатировать тот факт, что выявленные изменения в комплексе протистов озера могут указывать на влияние одних и тех же факторов, вызвавших их. Если усиление роли мелкоклеточного планктона в прибрежье можно объяснить увеличением локальной антропогенной нагрузки, то появление видов из горных озер – это результат влияния более масштабного фактора.

Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта Сибирского отделения РАН № VI.51.1.10 «Современное состояние, биоразнообразие и экология прибрежной зоны озера Байкал».

ADAPTATION MECHANISMS OF ANAEROBIC SULFATE-REDUCING BACTERIA TO LIFE IN OXYGEN-CONTAINING WATER ECOSYSTEMS

Bryukhanov A.L.^{1,2}, Pimenov N.V.², Dolla A.³

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology Moscow, Russia

² Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia

³ Laboratoire de Chimie Bactérienne, CNRS, Marseille, France

brjuchanov@mail.ru

Sulfate-reducing bacteria (SRB) are considered as strict anaerobic microorganisms, but cells of many SRB species are able to survive in the presence of oxygen and to be metabolically active in periodically aerated habitats – cyanobacterial mats, coastal sediments, subsurface seawaters, biofilms, sedimentary ore deposits, activated sludge of waste waters, etc. Some *Desulfovibrio* spp. can oxidize organic substrates at millimolar concentrations of oxygen even. However, the resistance of SRB to O₂ decreases with the accumulation of sulfides in the environment, since their oxidation leads to the formation of reactive oxygen species (ROS). Also, O₂ is able to inactivate the key enzymes of SRB cells (hydrogenases and lactate dehydrogenase) directly.

The aim of this work was to study the systems of antioxidative defense in several representatives of the genus *Desulfovibrio*, which belongs to the most aerotolerant SRB subgroup, widespread in a variety of aquatic ecosystems (seas, estuaries, waste and mine waters, water-supply wells, etc.). In addition, aerotolerance of *Desulfofrigus euxinos* was studied – this is a first SRB, isolated from subsurface water column of the Black Sea, where the concentration of dissolved O₂ is about 310 μM.

The physiological (behavioral) mechanisms to protect SRB cells from aerobiosis include flocks formation, symbiotic relationships with aerobic microorganisms and negative aerotaxis. The enzymatic antioxidative mechanisms in addition to proteins that remove ROS also include periplasmic, membrane and cytoplasmic electron transport chains of oxygen reduction. It has been shown that besides classic antioxidant enzymes (SOD, catalase and peroxidases), *Desulfovibrio* spp. and *Dsf. euxinos* possess unique alternative enzymes (non-heme Fe-containing proteins) – superoxide reductase and NADH-dependent peroxidases (rubrerythrins and nigerythrin).

An over-expression (3-9-fold) of genes encoding superoxide dismutase (*sodB*), superoxide reductase (*sor*), nigerythrin (*ngr*), rubrerythrins (*rbr1* and *rbr2*), alkyl hydroperoxide reductase (*ahpC*), rubredoxin:oxygen oxidoreductase (*roo*) and thiol peroxidase (*tpx*) in *Desulfovibrio vulgaris* Hildenborough was observed under conditions of moderate oxidative stresses. The expression of similar genes in *Dsf. euxinos* was less pronounced; however, an interesting fact was that *sor* and *roo* genes were monocistronic – it was not known previously for sulfate-reducing microorganisms, and these genes were acquired by *Dsf. euxinos* genome apparently due to horizontal gene transfer. We have also shown that the mutant strains of *Dsv. vulgaris* Hildenborough (Δsod , Δsor and $\Delta sod\Delta sor$) were more sensitive to

oxidative stresses in comparison with the wild-type strain – the growth of the double-deletion mutant was inhibited by oxygen (21%, 10-30 min exposure) in particular strongly.

We investigated the effect of oxygen stresses on the sulfate reduction rate (SRR) and growth of *Dsf. euxinos* and several *Desulfovibrio* spp. cultures as well as cellular consumption of oxygen. The growth and SRR of *Dsf. euxinos* decreased 2-fold after addition of 2.6% O₂, and were completely stopped with 13% O₂ in the gas phase. Polarographic experiments demonstrated that the maximum rates of O₂ consumption by the whole cells of *Dsf. euxinos* achieved in the presence of pyruvate (19.0 nmol/min × mg protein), NADH (16.0 nmol/min × mg protein) and lactate (15.3 nmol/min × mg protein) as electron donors, whereas strains of the genus *Desulfovibrio* consumed O₂ much better in the presence of H₂ – up to 570.0 nmol/min × mg protein. The concentration of *c*-type cytochromes in *Dsf. euxinos* cells was 0.55 nmol/mg protein, which was 4-7 times lower than in the cells of *Desulfovibrio* spp. strains.

Thus, aerotolerant SRB species possess multi-component and effective systems of antioxidative defense that allow them to exist in habitats periodically exposed to oxygen.

This work was partially supported by RFBR grant No. 12-04-91052-CNRS_a (PICS#6041) and RFMEFI60414X0108 project (agreement with the Ministry of Education and Science No. 14.604.21.0108 of 08.07.2014).

МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ АНАЭРОБНЫХ СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ К СУЩЕСТВОВАНИЮ В КИСЛОРОД-СОДЕРЖАЩИХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Брюханов А.Л.^{1,2}, Пименов Н.В.², Долла А.³

¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
биологический факультет, Россия

²Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, Москва, Россия

³Laboratoire de Chimie Bactérienne, CNRS, Marseille, France

brjuchanov@mail.ru

Сульфатредуцирующих бактерий (СРБ) относят к строго анаэробным микроорганизмам, однако клетки многих видов способны сохранять жизнеспособность в присутствии кислорода и быть метаболически активными в периодически аэрируемых биотопах – циано-бактериальных матах, прибрежных донных осадках, подповерхностных морских водах, биопленках, осадочных отложениях рудных месторождений, активных илах сточных вод и т.д. Некоторые *Desulfovibrio* spp. даже могут окислять органические субстраты при миллимолярных концентрациях кислорода. Однако устойчивость СРБ к O₂ снижается при накоплении сульфидов в среде, поскольку их окисление приводит к образованию активных форм кислорода (АФК). Кроме того, O₂ способен непосредственно инактивировать ключевые ферменты в клетках СРБ (гидрогеназы и лактатдегидрогеназу).

Целью данной работы явилось изучение систем антиокислительной защиты у нескольких представителей рода *Desulfovibrio*, относящегося к наиболее аэротолерантной подгруппе СРБ, широко распространенной в различных водных экосистемах (морях, эстуариях рек, сточных и шахтных водах, водозаборных скважинах и т.д.), а также у *Desulfofrigus euxinos* – первой СРБ, выделенной из подповерхностной водной толщи Черного моря, где концентрация растворенного O₂ составляет 310 мкМ.

Физиологические (поведенческие) механизмы защиты клеток СРБ от аэробноза представляют собой формирование флюков, симбиотические взаимодействия с аэробными микроорганизмами и отрицательный аэротаксис. Ферментативные антиокислительные механизмы помимо белков, удаляющих АФК, включают также периплазматические, мембранные и цитоплазматические электрон-транспортные цепи восстановления кислорода. Было показано, что в дополнение к классическим антиокислительным ферментам (СОД, каталазе и пероксидазам), *Desulfovibrio* spp. и *Dsf. euxinos* обладают уникальными альтернативными ферментами (негемовыми Fe-содержащими белками) – супероксидредуктазой и НАДН-зависимыми пероксидазами (рубритринами и нигеритрином).

В условиях умеренных окислительных стрессов наблюдалась 3-9-ти кратная сверхэкспрессия генов, кодирующих супероксиддисмутазу (*sodB*), супероксидредуктазу (*sor*), нигеритрин (*ngr*), рубритрины (*rbr1* и *rbr2*), алкилгидропероксидредуктазу (*ahpC*), рубредоксин: кислород оксидоредуктазу (*roo*) и тиоловую пероксидазу (*tpx*) у *Desulfovibrio vulgaris* Hildenborough. Экспрессия аналогичных генов у *Dsf. euxinos* была менее выраженной, однако интересным оказался тот факт, что гены *sor* и *roo* этой СРБ оказались моноцистронными, что не было известно ранее для сульфатредуцирующих микроорганизмов; и эти гены появились в геноме *Dsf. euxinos*, по всей видимости, благодаря горизонтальному переносу. Нами также было показано, что штаммы *Dsv. vulgaris* Hildenborough, мутантные по генам супероксиддисмутазы и

супероксидредуктазы (Δsod , Δsor и $\Delta sod\Delta sor$), отличаются большей чувствительностью к окислительным стрессам по сравнению со штаммом дикого типа, причем рост делеционного мутанта по двум генам подавлялся кислородом (21%, 10-30 мин экспозиция) особенно сильно.

На *Dsf. euxinos* и нескольких штаммах *Desulfovibrio* spp. было исследовано влияние кислородных стрессов на скорость сульфатредукции и рост культур, а также изучены процессы поглощения клетками кислорода. Рост культуры и скорость сульфатредукции *Dsf. euxinos* снижались в 2 раза после внесения 2,6% O_2 и полностью прекращались при 13% O_2 в газовой фазе. Полярографические эксперименты показали, что максимальная скорость поглощения O_2 целыми клетками *Dsf. euxinos* достигается в присутствии пирувата (19,0 нмоль/мин \times мг белка), НАДН (16,0 нмоль/мин \times мг белка) и лактата (15,3 нмоль/мин \times мг белка) в качестве донора электронов, тогда как у штаммов рода *Desulfovibrio* поглощение O_2 было гораздо интенсивнее в присутствии H_2 – до 570 нмоль/мин \times мг белка. Концентрация цитохромов *c*-типа в клетках *Dsf. euxinos* равнялась 0,55 нмоль/мг белка, что в 4-7 раз ниже, чем в клетках исследованных штаммов *Desulfovibrio* spp.

Таким образом, аэротолерантные виды СРБ обладают многокомпонентными и эффективными системами антиокислительной защиты, позволяющими им существовать в местообитаниях, периодически подвергающихся воздействию кислорода.

Работа частично финансировалась за счет средств гранта РФФИ №12-04-91052-НЦНИ_a (PICS#6041) и проекта RFMEFI60414X0108 (соглашение Минобрнауки РФ №14.604.21.0108 от 07.08.2014 г.).

METHANOGENESIS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL WITH DIFFERENT GEOCHEMICAL CONDITIONS

Bukin S.V.¹, Pavlova O.N.¹, Kalmychkov G.V.², Ivanov V.G.¹, Hachikubo A.³, Khabuev A.V.¹, Morozov I.V.⁴, Zemsкая T.I.¹

¹Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Russia.

²Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia.

³Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan.

⁴Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia.
sergeibukin@lin.irk.ru

Methane is the final product of anaerobic decomposition of organic matter in freshwater ecosystems. It is known, that its formation in bottom sediments of stratified lakes and in other “cold” ecosystems is the result of acetate fermentation (Kotsyurbenko, 2005; Nozhevnikova et al., 2007). In Lake Baikal, according to the data radioisotopic analysis of substrates labeled ^{14}C consumption, in upper sediment layers of deep-water areas, as well as in the area of hydrothermal discharge (Frolikha Bay), methane is predominantly produced during autotrophic methanogenesis (Namsaraev et al., 1995). In areas of cold gas discharges, in accordance with the results of carbon isotopic composition analysis (Hachikubo et al., 2010), biogenic methane enclosed in a structure of gas hydrates is derived from acetate. These data show that there are various metabolic pathways of methane formation in bottom sediments of Lake Baikal, which can be connected with heterogeneity of sediment geochemical conditions.

We carried out the cultivation of natural sediment microbial communities of methane seep “Posolskaya Bank” and mud volcano “Peschanka”. These areas differ from each other by pore water mineralization level and genetic types of methane. During the experiment, samples of sediments were exposed to anaerobic conditions at 10°C in liquid selective media supplemented with various substrates for methanogenesis (sodium acetate, H_2+CO_2 , methanol). It was found that the active processes of methane generation in samples of surface sediments are recorded under cultivation with all the substrates, but obtained values $\delta^{13}C-CH_4-\delta D-CH_4$ are typical for the gas formed by the fermentation of acetate. It is believed that acetate in upper sediment layers of methane discharge areas is the final product of degradation of organic matter which formed during photosynthesis and aerobic oxidation of methane. Predomination of acetogenesis results from low concentrations of sulfate ions in Lake Baikal, and leads to forming of different types of microbial mats in areas of methane seeps (Zemsкая et al., 2015) and stimulate acetoclastic methanogenesis. In experiment, microbial communities of deep reduced sediment layers used various methane precursors. So in communities of low-mineralized sediment mud volcano “Peschanka”, CH_4 is produced mainly by hydrogenotrophic methanogens, and for sediment methane seep “Posolskaya Bank” both acetoclastic and hydrogenotrophic methanogenesis were fixed. Probably, formation of methane from a certain substrate is determined by the difference of sediment geochemical conditions that result in mass growth of different groups of methanogenic archaea in studied areas.

The work is performed within government task No 76.1.7. “Geo-biochemical research cycles of methane...”.

ПРОЦЕССЫ МЕТАНГЕНЕРАЦИИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗ. БАЙКАЛ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ГЕОХИМИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

**Букин С.В.¹, Павлова О.Н.¹, Калмычков Г.В.², Иванов В.Г.¹,
Хачикубо А.³, Хабуев А.В.¹, Морозов И.В.⁴, Земская Т.И.¹**

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт геохимии им А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

³Технологический институт Китами, Китами, Япония

⁴Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН,
Новосибирск, Россия.
sergeibukin@lin.irk.ru

Метан – конечный продукт анаэробного разложения органического вещества в пресноводных экосистемах. Известно, что его образование в донных отложениях стратифицированных озёр и других «холодных» экосистемах в основном происходит за счет ферментации ацетата (Коцюрбенко, 2005; Ножевникова и др., 2007). В озере Байкал, согласно данным радиоизотопного анализа потребления субстратов меченых ¹⁴C, в поверхностных слоях донных отложений глубинных «фоновых» районов, а также в зоне гидротермальной разгрузки (Бухта Фролиха), метан преимущественно образуется в процессе автотрофной метангенерации (Намсараев и др., 1995). В зонах холодных разгрузок газа, в соответствии с результатами анализа изотопного состава углерода (Хачикубо и др., 2010), биогенный метан, заключенный в структуре газовых гидратов, образован по ацетокластическому пути. Эти данные свидетельствуют о наличии различных путей образования метана в донных отложениях озера Байкал, что может определяться разнородностью их геохимических условий.

Нами проведено культивирование природных микробных сообществ донных осадков районов метанового сипа «Посольская Банка» и грязевого вулкана «Песчанка» различающихся уровнем минерализации поровых вод и генетическими типами разгружающегося газа. В ходе эксперимента образцы донных отложений экспонировались в анаэробных условиях при 10°C на жидких селективных средах с добавлением различных субстратов метаногенеза (ацетат натрия, H₂+CO₂, метанол). Установлено, что активные процессы метанообразования в поверхностных слоях осадков регистрируются при культивировании со всеми используемыми субстратами, однако полученные значения δ¹³C-CH₄ - δD-CH₄ лежат в области соответствующей газу, образованному в ходе ферментации ацетата. Высказано предположение, что в поверхностных слоях донных отложений в районах метановых разгрузок ацетат является конечным продуктом деструкции как фотосинтезированного органического вещества, так и образованного в процессе аэробного окисления метана. Преобладание ацетогенеза определяется низкими концентрациями ионов сульфата в озере Байкал и приводит к формированию в зонах интенсивных высачиваний метана разных типов микробных матов (Земская и др., 2015), а также развитию процесса ацетокластического метаногенеза. Культивирование природных сообществ из восстановленных глубинных слоёв осадков свидетельствовало об использовании различных предшественников метана. Так в сообществах низкоминерализованных донных отложений грязевого вулкана «Песчанка» метан образовывался преимущественно по автотрофному пути, а для донных отложений метанового сипа «Посольская Банка» процессы метангенерации осуществлялись как по ацетокластическому, так и по гидрогенотрофному путям. Вероятно, образование метана из того или иного субстрата определяется различием геохимических условий, обуславливающих массовое развитие разных групп метаногенных архей в осадках исследуемых районов.

Работа выполнена в рамках гос. задания по теме № 76.1.7. «Геобиохимические исследования циклов метана...».

METAGENOMIC ANALYSIS OF VIRAL COMMUNITIES IN LAKE BAIKAL

**Butina T.V.¹, Bukin Yu.S.¹, Kabilov M.R.², Tupikin A.Ye.², Potapov S.A.¹,
Belykh O.I.¹, Belikov S.I.¹**

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²CSU «Genomics», Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS,
Novosibirsk, Russia
tvbutina@mail.ru

Viruses influence considerably numerous biochemical processes in water bodies and regulate effectively abundance and species diversity of bacteria and phytoplankton. The aim of this work is to study the diversity of viral communities in Lake Baikal. Main approach in our research is metagenomic analysis – study of summary genetic viral material (virome) using newest high-performance technologies

of sequencing and bioinformation analysis. Metagenomic studies of freshwater bodies are not numerous; the available descriptions of marine virus genetic diversity considerably dominate in comparison with ones for fresh waters. Viral communities of largest and ancient freshwater lakes remain poorly studied.

Water sampling was performed at the basic station of Lake Baikal Southern basin. The analysis of obtained genetic material of DNA-containing viruses was done using a plate Illumina MiSeq. Bioinformation analysis of the obtained data set was carried out using special software. The fraction of sequences identified as viral with a high degree of reliability was only 1.5% of the whole data set obtained. It was found out during the analysis that identified sequences belong to 14 viral families. The viruses of revealed families and genera affect a wide range of organisms. There is in the list of potential hosts of viruses a wide spectrum of bacteria representing six large widely distributed phyla including cyanobacteria. Besides, we have found out viruses affecting Archaea (*Siphoviridae*), algae (*Phycodnaviridae*), amoebae, flagellates (*Mimiviridae*), fishes, amphibians (*Alloherpesviridae*), insects (*Baculoviridae*, *Iridoviridae*) and mammals (*Poxviridae*, *Herpesviridae*, etc.).

Hence, we performed first molecular-genetic analysis of viral communities (virome) from Lake Baikal and obtained first data on taxonomic diversity of Lake Baikal viral plankton.

This work was performed according to State task no. VI.50.1.4. and supported by RFBR within Projects nos. 14-04-90421 and 14-44-04148 r_sibir'_a.

МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ВИРУСНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Бутина Т.В.¹, Букин Ю.С.¹, Кабилов М.Р.², Тупикин А.Е.², Потапов С.А.¹,
Белых О.И.¹, Беликов С.И.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

²ЦКП «Геномика», ИХБФМ СО РАН, г. Новосибирск, Россия

tvbutina@mail.ru

Вирусы оказывают существенное влияние на многочисленные биогеохимические процессы в водоемах, эффективно регулируют численность и видовое разнообразие бактерий и фитопланктона. Цель настоящей работы – исследование разнообразия вирусных сообществ в оз. Байкал. Основным подходом в работе стало проведение метагеномного анализа – исследование суммарного генетического вирусного материала (вирома) с помощью новейших высокопроизводительных технологий секвенирования и биоинформационного анализа. Метагеномные исследования пресных водоемов немногочисленны, имеющиеся описания генетического разнообразия морских вирусов значительно превышают таковые для пресных вод. Вирусные сообщества крупнейших и древних пресных озер остаются малоизученными.

Отбор проб воды производили на базовой станции южной котловины оз. Байкал. Анализ полученного генетического материала ДНК-содержащих вирусов производили на платформе IlluminaMiSeq. Биоинформационный анализ полученного массива данных проводили с помощью специализированных программ. Из полученного набора данных доля последовательностей, идентифицированных с высокой степенью достоверности как вирусные, составила всего 1,5%. В ходе анализа установлено, что определенные последовательности принадлежат 14 вирусным семействам. Вирусы выявленных семейств и родов поражают широкий круг организмов. В списке потенциальных вирусных хозяев – широкий спектр бактерий, представителей шести крупных распространенных филумов, в том числе цианобактерий. Кроме того, обнаружены вирусы архей (*Siphoviridae*), водорослей (*Phycodnaviridae*), амёб, флагеллят (*Mimiviridae*), рыб, амфибий (*Alloherpesviridae*), насекомых (*Baculoviridae*, *Iridoviridae*) и млекопитающих (*Poxviridae*, *Herpesviridae* и др.).

Таким образом, в результате работы впервые проведен молекулярно-генетический анализ вирусных сообществ (вирома) оз. Байкал, получены первые данные о таксономическом разнообразии байкальского вириопланктона.

Работа выполнена в рамках государственного задания № VI.50.1.4.при финансовой поддержке проектов РФФИ № 14-04-90421 и № 14-44-04148 p_сибирь'_a.

INVESTIGATION OF THE MICROBIAL COMMUNITY ASSOCIATED WITH THE COLOURLESS SULFUR BACTERIA *THIOPLOCA* FROM LAKE BAIKAL

Chernitsina S.M., Hal'zov I.A., Khanaeva T.A., Klimenkov I.V., Zemskaya T.I.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

sveta@lin.irk.ru

Bacterial mats forming by colourless sulfur filamentous bacteria *Thioploca* are found in Lake Baikal in areas of the mineralized gas-containing fluids of different chemical structure (Zemskaya et al., 2012). In these areas the increased receipt of chemical compounds which can be a source of power and carbon is noted. It is known that *Thioploca* accumulates nitrate in the vacuoles, however nitrate is practically absent in the Baikal water and pore waters, or doesn't exceed 0.1 mg/dm³ (Grachev, 2001). So, *Thioploca* concentrates nitrates from environment, or receives it as a result of activity of other bacteria. *Thioploca*, being mixotroph and oxidizing hydrogen sulfide to sulfur, is the participant of three important cycles (nitrogen, carbon and sulfur) in sediments. *Thioploca* can receive necessary elements and substances from fluids and from other microorganisms. The sheath surface and free space inside can serve as a habitat of microorganisms and protozoa, providing them with a substratum and an ecological niche, free from toxic effect of hydrogen sulfide (Buck et al., 2013).

The thin structure of *Thioploca* was investigated with application of different types of microscopy. Using of a confocal microscope while staining DAPI a significant amount of microorganisms was observed in sheath of *Thioploca*. They had rod, filament and spiral form with diameter to 1 mkm and were noted inside between trichomes and in polysaccharide sheath. Rod-shaped microorganisms (1.2x0.2 mkm) located directly at a wall of trichomes in significant amounts were visualized with using TEM. Non-vacuolated having electron-dense space bacteria (0.4 мкм) were noted inside trichomes. In small amounts small-size not having membrane cells was observed. Bacteria with well expressed intra cytoplasmic membranes, characteristic for the metanotrophs of the first type were found from outer side of a sheath.

By results of the gene 16S rRNA analysis were revealed groups of the microorganism participating in nitrogen cycle (*Nitrospirae* and annamox-group, *Thaumarchaeotae*) and sulfur cycle (fam. *Desulfobacteracea*). *Thioploca* can cumulate nitrate produced by nitrite-oxidized bacteria in vacuoles, especially if nitrates are limited or absent. For the first time in community of *Thioploca* the *Archaea* are revealed – *Euryarchaeotae* (the representatives which producing methane) and *Thaumarchaeotae*. Thus, chemolithotroph (*Nitrospirae*), chemolithoeterotroph (*Euryarchaeotae*, order *Methanomicrobiales*), chemoorganotroph (*Bacteroidetes*, *Chloroflexi*) were found in the community of *Thioploca*.

Investigations are continued and executed within the state tasks No 76.1.7. "Geochemical investigation of methane cycles..."

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА, АССОЦИИРОВАННОГО С БЕСЦВЕТНОЙ СЕРНОЙ БАКТЕРЕЙ *THIOPLOCA* SP. ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Черницына С.М., Хальзов И.А., Ханаева Т.А., Клименков И.В., Земская Т.И.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

sveta@lin.irk.ru

Бактериальные маты, формируемые бесцветными серными нитчатами бактериями рода *Thioploca*, обнаружены на озере Байкал в районах разгрузок минерализованных газосодержащих флюидов разного состава (Zemskaya et al., 2012). В этих районах отмечено повышенное поступление химических соединений, которые могут быть источником энергии и углерода. Известно, что байкальская *Thioploca*, накапливает в своих вакуолях нитрат, однако в байкальской воде и поровых водах осадках нитрат практически отсутствует, либо не превышает 0.1 мг/дм³ (Грачев, 2001). Следовательно, *Thioploca* концентрирует нитраты из внешней среды, либо получает их в результате жизнедеятельности других бактерий. *Thioploca*, будучи миксотрофом и окисляя сероводород до серы, является участником трех важных циклов (азота, углерода и серы) в осадках. Необходимые элементы и вещества она может получать как из флюидов, так и от других микроорганизмов. Поверхность чехла и свободное пространство внутри может служить местом обитания микроорганизмов и простейших, обеспечивая их субстратом и создавая экологическую нишу, свободную от токсического действия сероводорода (Buck et al., 2013).

Тонкая структура *Thioploca* была исследована с применением различных видов микроскопии. С использованием конфокального микроскопа при окрашивании ДАФИ в чехлах *Thioploca* наблюдалось значительное количество микроорганизмов. Они имели палочковидную,

нитевидную или спиралевидную форму с диаметром до 1 мкм и отмечались в изобилии внутри между трихомами и в полисахаридном чехле. С помощью ТЭМ внутри чехлов *Thioploca* на срезах визуализированы палочковидные микроорганизмы (1.2x0.2 мкм), расположенные непосредственно у стенки трихома в значительных количествах. Внутри чехла отмечены невакуолизованные бактерии (0,4 мкм), имеющие оболочку и электроноплотную область в центре. В небольших количествах наблюдались мелкогабаритные, не имеющие оболочек, клетки (0,2 мкм). Также внутри чехла найдены не похожие на бактериальные клетки структуры, имеющие разную форму, и расположенные в непосредственной близости от клеточных стенок. С внешней стороны чехла обнаружены бактерии, с хорошо выраженными внутрицитоплазматическими мембранами, характерными для метанотрофных бактерий первого типа.

По результатам анализа гена 16S рРНК выявлены группы микроорганизмов, участвующих в циклах азота (*Nitrospirae* и группа аннамокс, *Thaumarchaeotae*) и серы (сем. *Desulfobacteraceae*). Продуцируемый нитритоокисляющими бактериями нитрат может накапливаться *Thioploca* в вакуолях, особенно в условиях недостатка и отсутствия нитратов в воде и осадке. Впервые в сообществе *Thioploca* выявлены археи – филумы *Euryarchaeotae* (представители продуцирующие метан) и *Thaumarchaeotae*. Таким образом, обнаружены как хемоорганотрофы (*Bacteroidetes*, *Chloroflexi*), так и хемолитоавтотрофы (*Nitrospirae*), и хемолитогетеротрофы (*Euryarchaeotae* пор. *Methanomicrobiales*).

Работы в данном направлении продолжаются и выполнены в рамках гос. задания по теме № 76.1.7. «Геобиохимические исследования циклов метана...».

CALCULATED HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF MAIN TRIBUTARIES OF LAKE BAIKAL UNDER MODERN CONDITIONS

Chernyshov M.S., Sinyukovich V.N.

Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia

chernishov@lin.irk.ru

Global warming increasing since early 1970ies promoted changes of different degree in characteristics of drainage of major part of Lake Baikal tributaries. It complicated the task of hydrological validation while planning water management activity and construction of diverse facilities. In some cases, the specialists have to use information such as maps, dependances, numerical values of parameters, etc. obtained from observations performed 30-50 years ago, which do not reflect actual character of rivers water regime. The available calculation patterns taking into account last years observation reveal often considerable discrepancies with earlier data obtained by short series. In some cases they suggest disturbance of homogeneity and stationary character of hydrological data.

The authors considered these problem concerning main tributaries of Lake Baikal (the Selenga, Upper Angara and Barguzin RR.) providing ca. 2/3 of total drainage into the lake. Compilation of results obtained during the whole observations period (including 2010) with ones available in the regional bulletin of Russian Hydrometeorological Survey (Rosgidromet) (Resources of surface..., 1973) indicated considerable discrepancies between them, which are ambiguous for different characteristics of drainage.

E.g., maximal water flow during spring floods with increase probability of 1% for the Selenga and Barguzin RR. considerably decreased (16 and 14%, respectively), while for the Upper Angara R. it increased (14%). Characteristic flow of rain floods of the same amount decreased as well, mainly for the Selenga R. (29%) and Upper Angara R. (20%) and a little for the Barguzin R.

Minimal (diary) drainage in winter with increase probability of 97% for the Selenga R. increased (27%), while for the Upper Angara and Barguzin RR. it practically did not change.

For minimal diary drainage in summer, the increase of calculated values is found only for the Barguzin R. (ca. 10%), and at two other tributaries, their considerable decrease is observed – 31% for the Selenga R. and 18% for the Upper Angara R.

The homogeneity of series of annual, maximal and minimal water flows in the studied rivers by Fischer and Student criteria is mainly observed; it suggests a sort of transformation of conditions of drainage formation.

The observed changes in calculated characteristics of drainage of main Lake Baikal tributaries result probably from changes in hydrological processes since early 1970ies due to the warming. Similar changes are observed for rivers at major part of Russian territory and are accompanied by a considerable increase of drainage perennial variability.

This work is supported by Russian Foundation for Basic Research (14–45–04086 r_sibir_a).

РАСЧЕТНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ ПРИТОКОВ ОЗ. БАЙКАЛ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Чернышов М.С., Синюкович В.Н.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
chernishov@lin.irk.ru

Глобальное потепление, усилившееся с начала 1970-х гг., способствовало разной степени изменениям характеристик стока большинства байкальских притоков, что усложнило задачу гидрологического обоснования при планировании водохозяйственных мероприятий и строительстве различных сооружений. В ряде случаев специалисты вынуждены пользоваться информационными ресурсами (карты, зависимости, численные значения параметров и др.), полученными по материалам фактических наблюдений 30-50-летней давности и не отражающими современный характер водного режима рек. Имеющиеся примеры расчетов с учетом наблюдений последних лет зачастую выявляют существенные расхождения с более ранними данными, полученными по коротким рядам, а в ряде случаев свидетельствуют о нарушении однородности и стационарности гидрологических данных.

Авторами указанные проблемы рассмотрены применительно к основным притокам оз. Байкал (Селенга, Верхняя Ангара и Баргузин), обеспечивающим около 2/3 общего притока воды в озеро. Сопоставление результатов, полученных по данным за весь период наблюдений (до 2010 г. включительно) и содержащихся в региональном справочном издании Росгидромет (Ресурсы поверхностных..., 1973) указывает на достаточно заметные расхождения между ними, неоднозначные для разных характеристик стока.

Так, максимальные расходы воды весеннего половодья вероятностью превышения 1% для Селенги и Баргузина заметно уменьшились (на 16 и 14% соответственно), а для Верхней Ангары они, напротив, увеличились (14%). Характерные расходы дождевых паводков этой же обеспеченности также снизились, в большей степени для Селенги (29%) и Верхней Ангары (20%) и совсем незначительно для р. Баргузин.

Минимальный зимний (суточный) сток вероятностью превышения 97% для Селенги, наоборот, увеличился (27%), тогда как для Верхней Ангары и Баргузина практически не изменился.

Для летнего минимального суточного стока увеличение расчетных значений отмечено только на р. Баргузин (около 10%), а на двух других притоках наблюдается их значительное снижение – 31% для Селенги и 18% для Верхней Ангары.

Однородность рядов годовых, максимальных и минимальных расходов воды исследованных рек по критериям Фишера и Стьюдента в основном соблюдается, однако в каждом третьем ряду только по одному из критериев, что указывает на определенную трансформацию условий формирования стока.

Наблюдаемые изменения расчетных характеристик стока основных притоков Байкала, очевидно, являются результатом перестройки гидрологических процессов с начала 1970-х гг. в связи с потеплением. Подобные изменения отмечаются для рек большей части территории России и сопровождаются значительным ростом межгодовой изменчивости стока.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (14-45-04086 p_сибирь_a).

POPULATION CONTINUUM YENISEI STURGEON AND GEOLOGICAL GENESIS OF RACE FORMATION

Chmarkova G.M., Gaydenok N.D.

Siberian State Technological University, Krasnoyarsk, Russia
ndgay@mail.ru

Sturgeon like many members of the Yenisei fish fauna population constitutes a continuum, in which structure according to research released semi-anadromous and ichthyologists Floor race. For diadromous race typical light Oak races and blunt snout; Floor, on the contrary, sharp snout and dark. Their habitats overlap – living lives in the Yenisei River from its source to Kureyka, semi-anadromous – from Podkamen-term Tunguska to the Yenisei Gulf (Fig. 1). All variety of races can be divided into 4 types – two classic for L. Bergu semianadromous - spring and winter, third race that highlighted SB Cushion for sturgeon of the Volga – sverhozimaya because it spends anadro-Mia 2 years, instead of one as opposed to winter; fourth race we select purely for the Yenisei – sverhyarovaya, which refers to the living, not to commit Duration-tional migration. Even as part of the continuum previously stood, considered a hybrid between sturgeon and sturgeon, a form of “fire.”

Spawning races are as follows: spring spawning grounds in the area of the lower-Kureyka to end

it; winter – from 64°N to Lower Tunguska; sverhozimoy – from Stony Tunguska and 62°N. Sverhyarovaya – near the habitat – from 56 to 67°N. Separated flock sturgeon inhabit all major tributaries.

The reason for the divergence of the considered sites was spawning-parameter geological past p. Yenisei. In accordance with the geo-chronology of the series “regression – transgression” (Fig. 1) and the presence of retaining ponds during the last glaciation the best criterion for differentiating elements polibioma EO is the geological age of the site where they were located.

Availability retaining ponds defined proximity fish fauna of the Yenisei and Lena, unlike Obi. This is typical for whitefish, because here revealed the following facts: Yenisei mnogotychnkovy whitefish close to Lena mnogotychnkovym whitefish; malotychnkovy whitefish Putoransky system of lakes (Lake Lama) is close to Lena malotychnkovym whitefish; Upper Yenisei and Lena spawning whitefish are approximately the same latitude; Gydan and lives in the Yenisei Gulf Kara whitefish closest to Lena. So do not discern any prepyatsviya to the penetration sterlyazhevidnogo Lena sturgeon into the hydrographic system, not only the Yenisei, and Ob, where he could be known also under the name of fire.

According to our research between the geological age and areas of flow has the following correspondence: almost all Upstream - Ples upper and lower reach almost 57 ON – “sanchugovskiy” age more than 200 TLN; Average-Flow and its lower reaches – “Karghinskaya” 25 - 35 TLN; section of “Delta – Lip” – Holocene age 5 TLN.

Extremely important is the role of retaining reservoirs – Manske, Yenisei and Lena-Vitmskoe Lake – in the formation of the status of semi-Siberian sturgeon in contrast to the flow of Russian sturgeon status of the Azov-Caspian basin. For retaining the lake, often formed in the glacial era 35 - 15 TLN were co-featured bout only freshwater, where, and found himself the conditions for upholstered – of Siberian sturgeon, being completely cut off from the salt water.

The exchange between the reservoirs fish fauna occurring on the classical position during transgressions, had no place in this region over the top of the Quaternary period, but only in the Tertiary period when the global transgressions when penetration occurred ledovitomorskogo omul and white salmon in the Pechora into the Volga, where it is known, like white salmon. The last 30-70 thousand years Quaternary exchange fish fauna in the Siberian Rivers occurs only by means of retaining ponds.

ПОПУЛЯЦИОННЫЙ КОНТИНУУМ ОСЕТРА ЕНИСЕЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ГЕНЕЗИС РАСОБРАЗОВАНИЯ

Чмаркова Г.М., Гайденок Н.Д.

Сибирский государственный технологический университет, 660049, Россия,
г. Красноярск, пр. Мира 82,
ndgay@mail.ru

Осетр Енисея подобно многим представителям енисейской ихтиофауны образует популяционный континуум, в составе которого согласно исследованиям ихтиологов выделяется полупроходная и жилая расы. Для полупроходной расы характерен светлый окрас и тупое рыло; жилая, наоборот, острое рыло и темная. Ареалы их обитания перекрываются – жилая обитает в Енисее от истоков до Курейки, полупроходная – от Подкаменной Тунгуски до Енисейского залива (рис. 1). Все многообразие рас можно разделить на 4 типа – две классические по Л.Бергу полупроходные – яровая и озимая; третья раса, которую выделил С.Б. Подушка для осетра Волги – сверхозимая, ибо она тратит на анадромию 2 года вместо одного в отличии от озимой; четвертую расу мы выделяем сугубо для Енисея – сверхяровая, под которой подразумеваем жилую, не совершающую продолжительных миграций. Еще в составе континуума ранее выделялась, считающаяся гибридом между стерлядью и осетром, форма «костер».

Места нереста рас следующие: яровой на участке нерестилищ от Курейки до нижнего конца; озимой – от 64°N до Нижней Тунгуски; сверхозимой – от Подкаменной Тунгуски до 62° N. Сверхяровая – вблизи мест обитания – от 56°N до 67° N. Обособленные стада осетра обитаю во всех крупных притоках.

Причиной рассматриваемой дивергенции участков нерестилищ явилось геологическое прошлое р. Енисея. В соответствии с геохронологией серии «регрессии – трансгрессии» (рис. 1) и наличия подпорных водоемов во время последних оледенений самым лучшим критерием дифференциации элементов полибиома EO является геологический возраст того участка, где были они локализованы.

Наличие подпорных водоемов определило близость ихтиофауны Енисея и Лены, в отличии от Оби. Особенно это характерно для сиговых, ибо здесь отмечены следующие факты: енисейский многотычинковый муксун близок с ленским многотычинковым муксуном; малотычинковый муксун пудоранской системы озер (оз. Лама) близок с ленским малотычинковым муксуном. Верхние нерестилища енисейского и ленского муксуна находятся приблизительно на одной широте; обитающая в Гыданском и Енисейском заливах карская ряпушка наиболее близка к

ленской. Поэтому не проглядывается никаких препятствий на пути проникновения ленского стерляжевидного осетра в гидрографическую систему, не только Енисея, но и Оби, где он мог быть известен также под наименованием костер.

Согласно нашим исследованиям между геологическим возрастом и участками течения имеется следующее соответствие: практически все Верхнее Течение – Верхний Плес и, почти полностью Нижний Плес до 57 °N – «санчуговский» возраст более 200 тлн; Среднее Течение и Нижнее Течение – «каргинский», возраст 25-35 тлн; участок «Дельта-Губа» – голоценовый, возраст 5 тлн.

Крайне важным является роль подпорных водоемов – Манское, Енисейское и Ленско-Витмское озера – в формировании полупроходного статуса сибирского осетра в отличии от проходного статуса русского осетра Азово- Каспийского бассейна. Ибо, подпорные озера, неоднократно образуемые в эпохи оледенений 35-15 тлн, представляли собой исключительно пресноводные водоемы, в которых и находил себе условия для обитания сибирский осетр, будучи полностью отрезанным от соленых вод.

Обмен ихтиофауной между водоемами, происходящий по классическому положению время трансгрессий, не имел места в этом регионе на протяжении верхней части четвертичного периода, а только в третичном периоде при глобальных трансгрессиях, когда произошло проникновение ледовитоморского омуля в Печору и нельмы в Волгу, где она известна, как белорыбица. Последние 30-70 тыс. лет четвертичного периода обмен ихтиофауной в Сибирских реках происходил только при посредстве подпорных водоемов.

TO A QUESTION ON THE FORMALIZATION OF DIMORPHISM BREAM KRASNOYARSK RESERVOIR

Chumakov V.F., Gaydenok N.D.

Siberian State Technological University, Krasnoyarsk, Russia

ivr@sibgtu.ru

Acclimatized in 1964-1970 years in Krasnoyarsk Reservoir bream in Lake Ubinskoe Novosibirsk region, after 22-28 years had two races – large and small, or tugorosluyu (length shorter than 1/3 and 1/2 less weight). Himself race formation is confined to the period 1980-1990 years. The reason for this differentiation is bream in low biomass feed classical bream – zoobenthos – and the consequent need, as a transition to food by zooplankton, and the development of deep-water ecotopes with low water temperature – 15 to 30 meters instead of the typical 4-10 m, where more than high temperature, determines correspondingly higher growth rate.

Education races bream direct analogue of the classical Darwin's finches, and a short period of race formation – 25 years - a combination of genetic and population dispersion Lamarckism. For food for zooplankton needs more frequent tyhinkovy apparatus, ie mnogotyhinkovaya form at the time, as food carries zoobenthos malotyhinkovaya form. What is evident for example whitefish Siberian rivers and lakes – from the Ob to Lena – here there mnogotyhinkovaya (usually “river whitefish”) and malotyhinkovaya – lake (Lake Lama).

On the difference of the velocities in the formation of different types of migration (direct analog races) in the Volga sturgeon and says SB Pillow, only this time we are talking about the rate of development of the gonads.

And at first glance it is clear - different speeds, and different races, morphs, etc. But, one thing is clear – why 2 or more limited number of races, rather than a continuum is a continuous education.

One of the possible answers can serve as an analogy between objects of the classical theory of catastrophes and race formation, which is, by the way, its applications. An example of pairing options can serve proschelkivanie banal line (vertical line at the top of the load can be curved to any of the parties), or a more specific example of the “machine Winter”, which is the pivot rod attached to the end of a rope and a rubber band (Fig. 1). When you move the end of the first rope is a continuous decrease in the angle of the horizon, and then a jump.

Returning to the bream over 25 years of education looks extremely doubtful mnogotyhinkovoy form – you need a longer time. But it is important not just the number of stamens how the distance between them. And save it sufficient to supply the zooplankton and can be when we have short gill plates, ie, tugoroslost.

Next, to describe the distance between the plates is sufficient to construct the drawing shown in Fig. 1.a, where the parameter a – half the distance between the stamens and the variable X – growth rate. You can see that distance $t.0$ and $v.1$ can be likened to the distance between the stamens and malotyhinkovoy mnogotyhinkovoy forms. On the other hand, if we introduce a new coordinate system $0'$ (the distance from the level between the races hope, a landmark), the $X_0=X_0$, and $X_1=-X_0$ – Fig. 1B. It is just that the potential energy “machines Winter” is the same as when X_0 and when $-X_0$ - stretching gum same. DS is already returning to the bream, both large and tugoroslaya forms have, if not equal, at

least, close fitting, or competitive – ability, which is determined thru such demographical parameters as r and λ .

К ВОПРОСУ О ФОРМАЛИЗАЦИИ ДИМОРФИЗМА ЛЕЩА КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Чумаков В.Ф., Гайденок Н.Д.

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск, Россия
ivr@sibgtu.ru

Акклиматизированный в 1964 – 1970 гг. в Красноярское вдхр лещ из оз. Убинское Новосибирской обл., уже через 22-28 лет имел две расы – крупную и мелкую или тугорослую (длина на 1/3 короче и в 1/2 меньше весит) (рис. 1а). Сам период расообразования приурочен к 1980-1990 гг. Причина такой дифференциации леща находится в низких биомассах классического корма леща – зообентоса – и вытекающей из этого необходимости, как перехода на питание зоопланктоном, так и освоение глубоководных экопопов с пониженной температурой воды – от 15 до 30 м вместо типичных 4-10 м, где более высокая температура, определяющая, соответственно и более высокую скорость роста.

Образование рас у леща прямой аналог классическим дарвинским выюркам, а короткий период расообразования – 2 поколения или 25 лет – комбинация генетической дисперсности популяции и ламаркизма. Ибо для питания зоопланктоном необходим более частый тычинковый аппарат, т.е. многотычинковая форма, в то время, как питание зообентосом осуществляет малотычинковая форма. Что ярко проявляется на примере муксуна сибирских рек и озер – от Оби до Лены – здесь существует многотычинковая (как правило «речной муксун») и малотычинковая – озерный (оз. Лама).

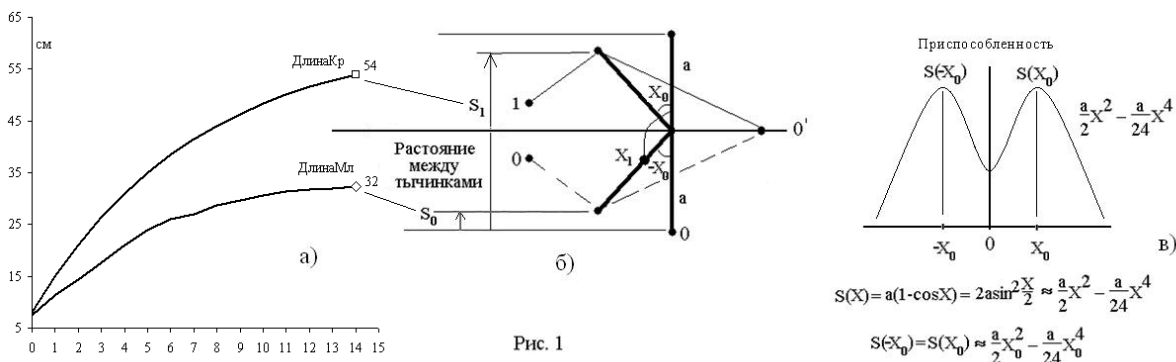
О разности скоростей при образовании различных типов миграции (прямой аналог рас) у волжского осетра говорит и С.Б. Подушка, только на сей раз речь идет о скорости развития гонад.

И на первый взгляд все понятно – разные скорости, разные и расы, морфы и т.д. Но, не понятно одно – почему именно 2 или другое ограниченное число рас, а не целый континуум, представляющий собой непрерывное образование.

Одним из возможных вариантов ответа может служить аналогия между объектами классической теории катастроф и расообразованием, являющимся, кстати говоря, ее прикладным аспектом. Примером парности вариантов может служить прощелкивание банальной линейки (вертикальная линейка при нагрузке сверху может выгнуться в любую из сторон) или более специфический пример «машина Зимана», представляющая собой шарнирный стержень с привязанными к его концу резинкой и веревкой (рис. 1.б). При перемещении конца веревки сначала идет непрерывное уменьшение угла наклона к горизонтали, а затем происходит скачок.

Вернемся к лещу. За 2 поколения или 25 лет крайне сомнительным смотрится образование многотычинковой формы – нужно более длительное время. Но, здесь важно не столь число тычинок, сколь расстояние между ними. А сохранить его достаточным для питания зоопланктоном можно и тогда, когда будут короткими жаберные пластины, т.е. тугорослость.

Далее, для описания расстояния между пластинами достаточно построить чертеж, показанный на рис. 1.а, где параметр a – половина расстояния между тычинками, а переменная X – скорость роста. Здесь видно, что расстояния в $t.0$ и в $t.1$ можно уподобить расстоянию между



тычинками для малотычинковой и многотычинковой форм. Но, с другой стороны, если ввести новую систему координат $0'$ (расстояние от рубежного уровня между расами), то $X_0 = X_0$, а $X_1 = -X_0$ – рис. 1.в. Это подобно тому, что потенциальная энергия «машины Зимана» одна и та же, как при X_0 , так и при $-X_0$ – растяжение резинки одно и то же. Д.с., уже возвращаясь к лещу, как крупная, так и тугорослая формы имеют, если не равную, по крайней мере, близкую приспособленность или конкурентно – способность, которая с успехом выражается через такие демографические параметры, как r и λ .

DISSOLVED ORGANIC CARBON IN CONTRASTING STRATIFIED LAKES OF NORTHERN TAIGA (ARKHANGELSK REGION)

Chupakov A.V.¹, Shirokova L.S.¹, Pokrovsky O.S.²

¹Institute of Ecological Problems of the North, UB RAS, Arkhangelsk, Russia

²Université de Toulouse, Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France
artem.chupakov@gmail.com

In the European boreal zone, numerous lakes of essentially glacial origin regulate the fate of dissolved carbon, nutrients and trace metals during their transport from the watershed to the ocean (Kohler et al., 2014; Kothawala et al., 2014). However, knowledge regarding seasonal variations in concentration and size fractionation of organic carbon (OC) in stratified boreal lakes remains rather limited. This is particularly true for the Baltic and White Sea basins, which exhibit high lake coverage. Small lakes (<0.1-1 km²), which are abundant in this territory, are especially important from the viewpoint of a carbon and related element biogeochemical balance. These small but rather deep glacial or tectonic lakes represent the major inland freshwater resources and offer habitats of various biota while also constituting important freshwater reservoirs suitable for human use.

The purpose of this work is to study the impact of allochthonous and autochthonous processes to assess the dynamics of carbon in boreal lakes. 4 lakes studied were located in the subzone of northern taiga. The study duration is 2 years and it covers all major and hydrological seasons (winter, spring, summer, autumn). We chose the lake guided by the principle of similarity/difference morphological, hydrological and hydro-chemical characteristics. The first group of lakes is deep lakes (40 m) with a constant oxygen and chemical stratification, contrasting the content of dissolved organic and inorganic carbon (DOC and DIC, respectively). The second group of lakes are shallow lakes (10 m), as well contrast content DOC and DIC. The DOC content data groups and DIC ranged from 1 to 30 mg/l and 0.5 to 50 mg/l respectively.

Deep lakes exhibited more stable behavior DOC compared with shallow lakes. The maximum content of DOC in lakes poor in organic matter (OM) was observed in the period of maximum development of phytoplankton (spring, summer). OM rich lakes were more stable, both in surface and in the bottom layer.

The observed differences in the ratio and the vertical distribution of percentage of low molecular weight fraction (LMW < 1 kDa DOC) were consistent with those of DOC. Regardless of the season, the percent DOC <1kDa in lakes low in OM, were from 40 to 90%, compared with 20-30% in lakes with high DOC. This difference is due, primarily, to the dominance of the soil (allochthonous), organic carbon, which share strongly expressed in the OM-rich lakes throughout the year. These features were further confirmed by the spectral characteristics of water a_{470}/a_{665} and a_{365}/a_{470} . High values of ratios indicate the important role of humic substances (allochthonous OM) in the optical properties of water. The ratio (C/N)_{org} was significantly lower in the lakes of poor OM, reflecting an autochthonous source of the Norg and diffusion of nitrogen from the sediment into the water column. The values of the ratio (C/N)_{org} in OM-rich lakes on the contrary, are typical for soil and peat. The dissolved organic-to-inorganic carbon (DOC/DIC) ratio, while it was ≤ 3 orders of magnitude lower in the organic-poor lake compared to the humic lake, remained stable over the full depth of the water column throughout the seasons.

РАСТВОРЕННЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД В КОНТРАСТНЫХ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ОЗЕРАХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Чупаков А.В.¹, Широкова Л.С.¹, Покровский О.С.²

¹Институт экологических проблем Севера Уральского отделения РАН,
г. Архангельск, Россия

²Université de Toulouse, Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France
artem.chupakov@gmail.com

На территории бореальной зоны сосредоточено множество озер, которые, наряду с реками, играют важную роль в регулировании поведения растворенного углерода, биогенных элементов и микроэлементов при их миграции с водосборной площади к океану (Kohler и др., 2014; Kothawala и др., 2014). Данные процессы актуальны для Балтийского и Белого морей, водосбор которых характеризуется высоким уровнем заозеренности. Небольшие озера (<0,1-1 км), которые преобладают на водосборных бассейнах бореальной зоны, особенно важны с точки зрения биогеохимического баланса углерода и сопряженных элементов. Эти небольшие, но иногда довольно глубокие, ледниковые или тектонические озера представляют собой доминирующие пресноводные экосистемы Европейской Субарктики.

Целью данной работы являлось оценить влияние аллохтонных и автохтонных процессов на динамику углерода в бореальных озерах. Для этого были изучены четыре контрастных озера, находящихся в подзоне северной тайги, в течение 2-летнего периода, который включал все гидрологические сезоны (зима, весна, лето, осень). Данные озера были выбраны по принципу морфологических, гидрологических и гидрохимических сходств/различий. Первая группа озер, представленная двумя глубоководными водоемами (до 40 м) с постоянной кислородной и химической стратификацией, для верхних слоев выражена сезонная температурная стратификация. Вторая группа озер, представленная мелководными водоемами с глубинами до 10 метров с выраженной температурной стратификацией в периоды межени. Каждая пара озер контрастна по содержанию растворенного органического и неорганического углерода (РОУ и РНУ, соответственно) концентрации которого варьируют в диапазоне от 1 до 30 мг/л и от 0,5 до 50 мг/л соответственно.

Глубоководные озера продемонстрировали большую сезонную стабильность в поведении РОУ по сравнению с мелководными. Содержание РОУ в озерах, «бедных» органическим веществом коррелировало с процессами массового развития фитопланктона в весенне-летний период, в то время как «богатые» органическим веществом (ОВ) озера проявили себя как достаточно устойчивая система в части концентраций РОУ, как в поверхностных, так и в придонных горизонтах.

Также наблюдалась очевидная разница в соотношении и вертикальной структуре распределения процента низкомолекулярной фракции (<1kDa) РОУ между озерами с контрастным его содержанием. Независимо от сезона, процент РОУ <1kDa в озерах с низким содержанием ОВ, составлял от 40 до 90%, по сравнению с 20-30% в озерах с высоким содержанием РОУ. Данная разница связана, в первую очередь, с доминированием почвенного (аллохтонного) органического углерода, доля которого сильно выражена в богатых ОВ озерах на протяжении всего года. Эти особенности были в дальнейшем подтверждены данными по спектральным характеристикам воды a_{470}/a_{665} и a_{365}/a_{470} . Высокие значения соотношений свидетельствуют о важной роли гуминовых веществ (аллохтонное ОВ) в оптических свойствах воды. Соотношение $(C/N)_{org}$ было значительно ниже в озерах бедных ОВ, отражая автохтонный источник поступления N_{org} и диффузии азота из донных отложений в водную толщу. Значения соотношения $(C/N)_{org}$ в озерах, богатых ОВ напротив, характерны для почв и торфа. Соотношение РОУ и РНУ (РОУ/РНУ) было на ≤ 3 порядков ниже, в негумифицированных озерах, по сравнению с гуминовыми озерами, и оставалось стабильным по всей глубине водной толщи в течение сезонов.

Анализируя вариации концентраций РОУ и особенности молекулярного состава, можно построить предположительный ряд устойчивости гидрохимического состава озера по отношению к внешним воздействиям: мелководные негумифицированные < глубокие стратифицированные негумифицированные < мелководные гумифицированные < гумифицированные глубокие стратифицированные.

BACTERIOPLANKTON OF THE EASTERN COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL

Dagurova O.P.¹, Zaitseva S.V.¹, Garankina V.P.¹, Belkova N.L.², Dambaev V.B.¹, Namsaraev B.B.¹

¹Institute of General and Experimental Biology of SB RAS, Ulan-Ude, Russia

²Limnological Institute of SB RAS, Irkutsk, Russia

dagur-ol@mail.ru

The coastal zone is the ecotone zone of reservoirs experiencing frequent exposure of abiogenic environmental factors. The functioning of Baikal microbial community in combination with other natural features of the reservoir keeps the lake waters clean. Microorganisms of the coastal zone of Lake Baikal not well studied, though coastal waters were used in tourism and recreation, and economic exploitation. The purpose of our study is to determine the influence of environmental factors on the change in the structural and functional characteristics of the coastal bacterioplankton of Lake Baikal. We studied sites of the eastern coast of Lake Baikal with tourist and recreational pressure – Goryachinsk (beach resort), Turka (the beach, the construction site area “Baikalskaya Gavan”), Bezimyannaya Bay (control). Samples were collected near the water edge in the different seasons of 2012-2014. The data array comprising physico-chemical (temperature, salinity, pH, redox potential, concentration of oxygen, hydrocarbonates, sulfates, chlorophyll a, nutrients) and microbiological (total number of bacteria, number of organotrophic bacteria, the intensity of production and destruction) characteristics was analyzed by the principal component analysis (PCA). It was found that the most significant factors affecting the ecosystem are seasonal changes in the temperature and pH entering the first principal component and determining 28.5% of the observed changes. The second and third components are determined by 16.7 and 16.0% of the

observed changes, respectively, and were characterized as a factor in the location of the sampling point (distance from the shore and depth) and the factor of salinity. Bacterial diversity using parallel sequencing was determined. Three phyla of bacteria Bacteroidetes, Proteobacteria, Actinobacteria are dominant. It was found using the method of gradient analysis the diversity of bacterial communities from three studied areas was similar in the July. In April in Turka site bacterial community sharply differed from the other samples. Bacterial community consisted of phyla Bacteroidetes (43%) and Firmicutes (50%). The phylum Bacteroidetes mostly submitted bacteria of the genus *Prevotella*, representatives of the human and animals microflora that have sanitary-epidemiological significance. Phylum Firmicutes was represented by two clusters of anaerobic bacteria that are inhabitants of natural waters – *Negativicutes* and *Clostridia*. Most likely, this area has been a local anthropogenic pollution associated with the construction of recreational facilities, which resulted in a change in the composition of the bacterioplankton. Thus, the most significant factor affecting the change of characteristics of bacterial coastal zone of Lake Baikal are seasonal temperature changes. The composition of the bacterial community in the coastal waters of Lake Baikal has been relatively constant, and the dramatic changes in its structure can be used as an indicator of anthropogenic pollution in areas with tourist and recreational pressure.

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БАКТЕРИОПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

**Дагурова О.П.¹, Зайцева С.В.¹, Гаранкина В.П.¹, Белькова Н.Л.²,
Дамбаев В.Б.¹, Намсараев Б.Б.¹**

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

²Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

dagur-ol@mail.ru

Прибрежная зона водоемов является экотонной зоной, испытывающей частое воздействие абиогенных факторов окружающей среды. Функционирование микробных сообществ озера Байкал обеспечивает в комплексе с другими природными особенностями водоема чистоту вод озера. Микроорганизмы прибрежной зоны Байкала до настоящего времени изучены недостаточно, несмотря значение прибрежья в туристско-рекреационной и хозяйственной эксплуатации. Цель работы – определить влияние экологических факторов на изменение структурных и функциональных характеристик бактериопланктона прибрежной зоны озера Байкал. Были изучены три участка восточного побережья озера Байкал с туристско-рекреационной нагрузкой – п. Горячинск (пляж, курорт), п. Турка (пляж, участок строительства зоны «Байкальская Гавань»), бухта Безымянная (контрольный участок). Пробы отбирались в береговой зоне около уреза воды в различные сезоны 2012-2014 гг. Массив данных, включающий физико-химические (температура, минерализация, рН, окислительно-восстановительный потенциал, содержание кислорода, концентрации гидрокарбонатов, сульфатов, хлорофилла а, биогенных элементов) и микробиологические (общая численность бактерий, численность органотрофных бактерий, интенсивность процессов продукции и деструкции) характеристики, был проанализирован статистическим методом главных компонент. Выявлено, что наиболее значимыми факторами, влияющими на состояние экосистемы, являются сезонные изменения температуры и рН воды, входящие в первую главную компоненту и определяющие 28,5% наблюдаемых изменений. Вторая и третья компоненты определяли 16,7 и 16,0% наблюдаемых изменений, соответственно, и характеризовались как фактор местоположения точки отбора пробы (расстояние от берега и глубина) и фактор минерализации. Определено разнообразие бактериопланктона с помощью параллельного секвенирования, установлено доминирование в сообществе трех филумов бактерий – Bacteroidetes, Proteobacteria, Actinobacteria. С помощью метода градиентного анализа установлена схожесть разнообразия бактерий в июльских пробах всех трех изученных участков. Микробное сообщество воды, развивающееся в воде около п. Турка в апреле, резко отличалось от других проб. Практически все сообщество состояло из бактерий, принадлежащих филумам Bacteroidetes и Firmicutes, причем филум Bacteroidetes преимущественно был представлен бактериями рода *Prevotella*, представителями микрофлоры человека и животных, имеющими санитарно-эпидемиологическое значение. Филум Firmicutes был представлен двумя кластерами анаэробных бактерий, являющихся обитателями природных вод – *Negativicutes* и *Clostridia*. Скорее всего, на данном участке имело место локальное антропогенное загрязнение, связанное со строительством рекреационных объектов, что повлекло за собой изменение в составе микробного сообщества. Таким образом, наиболее значимым фактором, влияющим на изменение характеристик бактериопланктона прибрежной зоны Байкала, является сезонное изменение температуры. Состав микробного сообщества прибрежных вод Байкала был относительно

постоянным, и резкое изменение его структуры можно использовать как индикатор антропогенного загрязнения в местах с туристско-рекреационной нагрузкой.

DYNAMICS OF NUTRIENTS IN THE LITTORAL AREA OF SOUTHERN BAIKAL IN 2014

Domysheva V.M.¹, Sakirko M.V.¹, Usoltseva M.V.¹, Panchenko M.V.², Pestunov D.A.²

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²V.E. Zuev's Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

hydrochem@lin.irk.ru

Dynamics of nutrients and dissolved gases was studied in the littoral area of Southern Baikal (7 sites) in August 2014 and at the Biological Station of LIN SB RAS in the settlement of Bolshiye Koty in March (ice winter-spring period), June (late autumn), August (summer) and December (late autumn before ice freezing) of 2014.

Distribution of dissolved oxygen, carbon dioxide and nutrients and the pH values in the littoral area of Southern Baikal were heterogeneous at depths, and the trend of their vertical distribution was uneven in different seasons. In winter, the concentration of nutrients and carbon dioxide increased with depth, whereas oxygen decreased. Total abundance and biomass of phytoplankton changed during the year. Maximal biomass was recorded in the surface water layer in ice period. In June, total abundance and biomass of phytoplankton considerably decreased. Phytoplankton concentration was higher in the near-bottom layer than in the surface layer. However, the trend of vertical distribution of concentration of chemical components remained unchanged due to prevalence of destruction processes in the near-bottom layer. In August, higher content of phytoplankton in the near-bottom layer and intensive development of phytobenthos and macrophytes affected the distribution of chemical components at depths: concentrations of nutrients and carbon dioxide decreased towards the bottom layer, whereas that of oxygen increased. Oxygen saturation reached 165% at certain sites. In December, vertical distribution of chemical components was homogeneous in the littoral area.

In ice period and December, diurnal changes in the content of nutrients were insignificant. The diurnal trend of oxygen and carbon dioxide was recorded in June and August. Significant diurnal changes in concentrations of phosphates and silicon were recorded in June. However, in August there was no clear diurnal trend of these components because of their low concentrations.

Primary production was maximal during ice period and minimal in December, and the destruction was maximal in August and minimal in December. Primary production was subject to diurnal fluctuations. Destruction increased with increase of exposure time.

The work was supported by RFBR grant 14-05-00277a.

ДИНАМИКА БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ ЛИТОРАЛИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА В 2014 Г.

Домышева В.М.¹, Сакирко М.В.¹, Усольцева М.В.¹, Панченко М.В.², Пестунов Д.А.²

¹Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

hydrochem@lin.irk.ru

Исследована динамика биогенных элементов и растворенных газов в литорали Южного Байкала (7 станций) в августе 2014 г. и на стационаре ЛИН СО РАН в пос. Большие Коты в марте (подледный зимне-весенний период), июне (поздневесенний период), августе (летний период) и декабре (позднеосенний предледоставный период) 2014 г.

Распределение содержания растворенного кислорода, углекислого газа, биогенных элементов, а также величины рН в литоральной зоне Южного Байкала неоднородно по глубине, и характер их вертикального распределения в разные сезоны неодинаков. В зимний период концентрация биогенных элементов, диоксида углерода увеличивалась с глубиной, содержание кислорода снижалось. Максимальная биомасса фитопланктона зафиксирована в подледный период в поверхностном слое воды. В июне общая численность и биомасса фитопланктона заметно снизилась, концентрация его в придонном слое была выше, чем в поверхностном, но характер вертикального распределения концентрации химических компонентов сохранялся в результате преобладания в придонном слое деструкционных процессов. В августе более высокое содержание фитопланктона в придонном слое и интенсивное развитие фитобентоса и макрофитов изменили распределение концентрации химических компонентов по глубине: концентрация

биогенных элементов и диоксида углерода уменьшалась к придонному слою, а концентрация кислорода возрастала. Насыщение воды кислородом в придонном слое на отдельных станциях в литорали озера достигало 165%. В декабре вертикальное распределение химических компонентов в воде однородное.

В подледный период и в декабре суточные изменения содержания биогеогенных элементов были незначительными. Суточный ход кислорода и диоксида углерода хорошо прослеживался в июне и августе. Значительные суточные изменения концентрации фосфатов, нитратов и кремния наблюдались в июне, в августе из-за их низких концентраций не отмечено четкого суточного хода этих компонентов.

Изменения величины первичной продукции подвержены суточным колебаниям, по мере увеличения времени экспозиции величина деструкции возрастала. В соответствии с количеством фитопланктона первичная продукция была максимальной в подледный период, минимальная в декабре, деструкция, соответственно, в августе и декабре.

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-05-00277а.

DISTRIBUTION OF METHANE CONCENTRATION IN THE LAKE BAIKAL IN MODERN TIMES

Fedorov Yu.A.¹, Garkusha D.N.¹, Tambieva N.S.²

¹Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

²Roshydromet Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russia

fedorov@sfedu.ru, gardim1@yandex.ru

The first large-scale studies of the distribution of methane in water and bottom sediments of Lake Baikal, the authors conducted in summer 1988 and 1994 (Fedorov et al., 1997). Performed works at the time showed that, despite the relatively low temperature of the water column and its well-ventilated, leading to high oxygen content, the process of methanogenesis in the bottom sediments of the lake, however, takes place. The fact that the studied gas mainly bacterial origin indicate as the proximity of the centers of the generation of methane, mainly in areas of constant anthropogenic pressure (zone of influence of the Baikal pulp and paper mill (and the mixing zone of river and lake water), as well as the results of the study of the carbon BPPM) isotopic composition of methane and an organic substance (Fedorov, 1999).

In August-September 2014, ie 20 years since the last expedition, we carried out research on the distribution of methane concentrations in water and sediments (0-5 cm) of various areas of Lake Baikal. Along with methane in the sediments was determined also the total content of sulphide sulfur. Determining the concentration of methane and sulfide sulfur performed according to generally accepted system of Roshydromet standard procedures: methane – the vaporphase by gas chromatography, sulfide sulfur – photometric method with dimetilparafenilendiamin.

According to the obtained data, the concentration of methane in water and bottom sediments varied accordingly in the range from <0.1 to 13.9 µl/l (average, 1.8 µl/l) and 0.01 to 1.02 µg/g (mean 0.21 µg/g of wet mass) that are generally comparable with the data content of methane in 1994 (in water – 0.3-19.4 µl/l, an average of 3.2 µl/l, in sediment – 0.02-1.46 µg/g, an average of 0.24 µg/g), and significantly less than the concentrations measured in the sediments in 1988 (0.02-18.4 µg/g, an average of 2.23 µg/g), that is the period of greatest anthropogenic load on the lake (Fedorov et al., 1997).

In the modern period, as in previous years of observations, the maximum concentrations of methane in water and sediments were typical for the northern area of Lake Baikal, where the confluence of the rivers Upper Angara and Kichera subject to strong anthropogenic pressure (Fedorov, 1999). It also recorded and the highest concentration of sulphide sulfur in the sediments (0,103-0,188 mg/g wet mass), which are represented by dark gray to black silt with oxidized surface beeswing brown. Elevated concentrations of methane (up to 0.85 µg/g) and sulfide sulfur (to 0.059 mg/g) also determined in the sediments profile of the individual stations, laid along the wellhead area p. Selenga (25-50 m depth). Sediment is presented blue-gray silt or silty sands, often with brown beeswing surface. At the same time, the methane concentration in the water zone confluence river Selenga were relatively low (from <0.1 to 2.5 µl/l) and comparable to its concentrations (<0.1 to 2.1 µl/l) in surface and bottom layer of open water areas of the lake with a depth of 1400 up to 1500 m. Note convergence our data content of sulphide sulfur and results F.I. Lazo (1980) for sediment samples taken on the profile through the central part of Lake Baikal.

Compared with previous years, the concentration of methane in the area affected BPPM (sampling depths from 15 to 240 m) in the current period declined significantly and did not go beyond the values characteristic of the background areas: water – from 0.75 to 2.1 µl/l; in sediments – from 0.02 to

0.4 µg/g. At the same time the highest concentrations in the sediments (0.17-0.4 µg/g) are fixed at depths of over 200 meters in gray-blue to gray-black silt. Perhaps in the not tested by us in 2014, more than recovered the subsurface sediment methane concentration will be higher, as evidenced by data from previous expeditions on the distribution of gas in the sediment column. The BPPM area also characterized by and low concentrations of sulfide sulfur in the sediments (from <0.005 to 0.051 mg/g, an average of 0.011 mg/g).

Thus, in modern times the concentration of methane in water and bottom sediments of the lake Baikal, especially in the area of influence BPPM markedly decreased compared with 1988 and 1994, which may be associated with a reduction of anthropogenic load as a whole in the aquatic ecosystem of the lake and on the surrounding areas.

This work was supported by grant NSH-5548.2014.5, projects № 1334.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕТАНА В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Фёдоров Ю.А.¹, Гарькуша Д.Н.¹, Тамбиева Н.С.²

¹Институт наук о Земле Южного федерального университета,
Ростов-на-Дону, Россия

²Гидрохимический институт Росгидромета, Ростов-на-Дону, Россия
gardim1@yandex.ru

Первые масштабные исследования распределения концентраций метана в воде и донных отложениях озера Байкал проведены авторами в летний период 1988 и 1994 гг. (Федоров и др., 1997). Выполненные в то время работы показали, что, несмотря на относительно низкие температуры водной толщи и ее хорошую вентилируемость, обуславливающую высокое содержание кислорода, процесс метаногенеза в донных отложениях озера, тем не менее, протекает. О доминирующем бактериальном происхождении изучаемого газа свидетельствовало как распределение содержания газа по акватории и глубине озера, характеризующееся приуроченностью очагов генерации метана, главным образом, к районам постоянного антропогенного давления, каковыми являются зона влияния Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) и смешения речных и озерных вод, так и результаты изучения изотопного состава углерода метана и органического вещества (Федоров, 1999).

В августе – сентябре 2014 года, то есть спустя 20 лет с момента последней экспедиции, нами проведены работы по изучению распределения концентраций метана в воде и донных отложениях (0-5 см) различных районов озера Байкал. Параллельно с метаном в донных отложениях определялось также общее содержание сульфидной серы. Определения концентраций метана и сульфидной серы выполнены по общепринятым в системе Росгидромета стандартным методикам: метана – парофазным газохроматографическим методом, сульфидной серы – фотометрическим методом с диметилпарафенилендиамином.

Согласно полученным данным, концентрация метана в воде и донных отложениях озера изменялась соответственно в пределах от <0,1 до 13,9 мкл/л (в среднем 1,8 мкл/л) и от 0,01 до 1,02 мкг/г (в среднем 0,21 мкг/г влажной пробы), что в целом сопоставимо с данными по содержанию метана в 1994 году (в воде – 0,3-19,4 мкл/л, в среднем 3,2 мкл/л; в отложениях – 0,02-1,46 мкг/г, в среднем 0,24 мкг/г), и существенно меньше концентраций, измеренных в донных отложениях в 1988 году (0,02-18,4 мкг/г, в среднем 2,23 мкг/г), то есть в период наибольшей антропогенной нагрузки на озеро (Федоров и др., 1997).

В современный период, как и в предыдущие годы наблюдений, максимальные концентрации метана в воде и в донных отложениях были характерны для северного района озера Байкал, куда впадают воды рек Верхняя Ангара и Кичера, подверженных сильной антропогенной нагрузке (Федоров, 1999). Здесь же зафиксированы и наиболее высокие концентрации сульфидной серы в отложениях (0,103-0,188 мг/г вл. массы), которые представлены темно-серыми до черного илами с окисленным поверхностным налетом бурого цвета. Повышенные концентрации метана (до 0,85 мкг/г) и сульфидной серы (до 0,059 мг/г) определены также в донных отложениях отдельных станций профиля, проложенного вдоль устьевого участка р. Селенга (глубины 25-50 м). Отложения представлены здесь серо-голубыми илами или заиленными песками, часто с поверхностным коричневым налетом. В то же время концентрации метана в водах зоны впадения р. Селенга были относительно низкими (от <0,1 до 2,5 мкл/л) и сопоставимы с его концентрациями (от <0,1 до 2,1 мкл/л) в поверхностных и придонных горизонтах воды открытых районов озера с глубинами от 1400 до 1500 м. Отметим сходимость наших данных по содержанию сульфидной

серы с результатами, полученными Ф.И. Лазо (1980) для проб донных осадков, отобранных по профилю через центральную часть озера Байкал.

По сравнению с предыдущими годами, концентрации метана в зоне влияния БЦБК (глубины отбора проб от 15 до 240 м) в современный период существенно снизились и не выходили за пределы значений, характерных для фоновых участков: в воде – от 0,75 до 2,1 мкл/л; в донных отложениях – от 0,02 до 0,4 мкг/г. При этом наиболее высокие концентрации в отложениях (0,17-0,4 мкг/г) зафиксированы на глубинах свыше 200 метров в серо-голубых до серо-черного цвета илах. Вероятно, в не опробованных нами в 2014 г. более восстановленных нижних горизонтах донных отложений концентрация метана будет выше, о чем свидетельствуют данные предыдущих экспедиций по распределению газа в колонке осадков. Район БЦБК также характеризовался и низкими концентрациями в отложениях сульфидной серы (от <0,005 до 0,051 мг/г, в среднем 0,011 мг/г).

Таким образом, в современный период концентрация метана в воде и донных отложениях оз. Байкал и, особенно в зоне влияния БЦБК, заметно снизилась, по сравнению с 1988 и 1994 годами, что может быть связано с уменьшением антропогенной нагрузки, как в целом на водную экосистему озера, так и на прилегающие к нему территории.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта НИИ-5548.2014.5, проектов №№ 1334, 5.1848.2014/К.

METHANE IN SEDIMENTS AQUATIC ECOSYSTEMS WITH HIGH CONTENT SULFIDES

Fedorov Yu.A., Garkusha D.N., Dotsenko I.V., Afanasiev K.A.

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

fedorov@sfedu.ru, gardim1@yandex.ru, irinageo@mail.ru

For over ten years, the authors studied water bodies with deposits of therapeutic mud sulfide, as well as bays, estuaries, freshwater lakes, reservoirs and rivers belonging to the basins of the Azov and the Caspian Sea, where the silt accumulation and the formation of sulfide compounds. One of the main purposes of research was to study the factors, processes and mechanisms conjugate generation of methane and hydrogen sulfide in the water bodies with permanent sulfide contamination. According to classical concepts in the same ecological sediment niches sulfate reduction process inhibits the formation of methane. According to the authors of the present communication, there are three types of conjugate generation of these gases: sulphate reduction is almost completely suppressed methane formation; methanogenesis prevails over the formation of hydrogen sulfide; synchronous generation occurs as methane and hydrogen sulfide (Fedorov et al., 2007).

The study measured salinity and chemical composition of the water and mud solutions, the concentration of methane and hydrogen sulfide, the values of Eh and pH, as described in (Fedorov et al., 2014) was calculated “sulphidation coefficient” (the ratio of $\text{CH}_4 / \Sigma\text{H}_2\text{S}$, wherein the methane concentration expressed in $\mu\text{g/g}$ wet mass, $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ – in mg/g wet mass) and build regression equations describing the relationship between the various indicators. Samples were collected in sediment horizons 0-2, 2-5, 5-10, 10-15 cm and then every 10 cm sampled columns (a maximum of 100 cm). Determining the concentration of methane and sulfide sulfur performed according to generally accepted system of Roshydromet standard procedures: methane – the vaporphase by gas chromatography, sulfide sulfur – photometric method with dimetilparafenilendiamin (Fedorov et al., 2007).

Sulfide silt continental black and dark gray mud lakes Pilenkino, Big Tambukan, Gruzskoe, Yashaltinskoe and Solenoe characterized by the highest concentration $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ and low (on average <0.5) values relations $\text{CH}_4/\Sigma\text{H}_2\text{S}$, reflecting the dominance of sulfide formation on methanogenesis. Typically, a solution (brine), covering the dirt, is characterized by high salinity and the concentration of sulfate ions. Volcanic mound mud, obtained from the crater of the volcano Gnilaya Gora and underwater volcano Golubitskiy (area of the city Temryuk) were characterized by a relatively high concentration of CH_4 (2.36-2.54 $\mu\text{g/g}$) and low $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ (0.018-0.108 mg/g). Black oily mud of psevdovolcanic Lake Golubitskaya contained CH_4 in an amount of 0.5-0.91 $\mu\text{g/g}$, and $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ - 1.18-3.07 mg/g . At the volcanic lake Miska the concentration of CH_4 in dark gray mud varied from 0.9 to 2.8 $\mu\text{g/g}$, and $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ - from 0.01 to 0.7 mg/g . The ratio of $\text{CH}_4/\Sigma\text{H}_2\text{S}$ in psevdovolcano mud occupies an intermediate value between continental and volcano mud. The foregoing suggests that metabolic process in these lakes is occur involving mass and energy coming from the depth focal. Maritimes dirt periodically drying up Lake Khanskoe, and sea mud Beysugskogo estuary characterized by a minimum content of CH_4 and $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ (from 0.01 to 0.04 $\mu\text{g/g}$ and from 0.005 to 0.33 mg/g , respectively). In coastal saline lakes Pleso-krugloe

and Sladkiy liman concentration CH_4 and $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ in mud were significantly higher and reached 1.27-21.1 $\mu\text{g/g}$ and 0.24-1.25 mg/g , respectively. With the depth of these lakes increased concentration of CH_4 and $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ decreased. This, along with high ratio of $\text{CH}_4/\Sigma\text{H}_2\text{S}$ (1.5 to 68) indicates a possible deep inflow of CH_4 and attributing these to the psevdovolcano mud formations.

Studies have shown that the concentration of methane in the sedimentary basins of sulfide may be present in amounts comparable to its content in marine and fresh water bodies. The coefficient sulphidation decreases towards “volcanic mud from the crater \rightarrow degraded coastal dirt \rightarrow psevdovolcano mud Lakes coastal and marine mud \rightarrow the mud of freshwater ponds and streams \rightarrow continental sulfide silt mud.” In the same direction and increases the concentration $\Sigma\text{H}_2\text{S}$. It should be noted that the transition from the bottom sediments represented mud deposits to their underlying fundamentally loamy clay deposits layer, it is observed as a sharp change in pH and Eh, and decrease the concentration of CH_4 and $\Sigma\text{H}_2\text{S}$.

This work was supported by grant NSH-5548.2014.5, projects №1334.

МЕТАН В ДОННЫХ ОСАДКАХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ СУЛЬФИДОВ

Фёдоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Доценко И.В., Афанасьев К.А.

Институт наук о Земле Южного федерального университета,

Ростов-на-Дону, Россия

gardim1@yandex.ru

На протяжении более десяти лет авторами исследовались водоемы с залежами лечебных сульфидных грязей, а также морские заливы, лиманы, пресноводные озера, водохранилища и реки, относящиеся к бассейнам Азовского и Каспийского морей, в иловых отложениях которых происходит накопление и образование сульфидных соединений. Одной из основных целей исследований являлось изучение факторов, процессов и механизмов сопряженной генерации метана и сероводорода в водоемах с перманентным сульфидным заражением. Согласно классическим представлениям в одних и тех же экологических нишах донных отложений процесс сульфатредукции ингибирует образование метана. По мнению же авторов настоящего сообщения возможны три типа сопряженной генерации этих газов: образование метана практически полностью подавлено сульфатредукцией; метаногенез превалирует над образованием сероводорода; имеет место синхронная генерация, как метана, так и сероводорода (Федоров и др., 2007).

В ходе исследований определялись минерализация и химический состав воды и грязевых растворов, концентрации метана и сероводорода, значения Eh и pH, по методике (Федоров и др., 2014) рассчитывался «коэффициент сульфидизации» (отношение $\text{CH}_4/\Sigma\text{H}_2\text{S}$, где концентрация метана выражена в $\mu\text{г/г}$ влажной пробы донных отложений, концентрация $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ – в мг/г влажной массы) и строились регрессионные уравнения, описывающие связи между различными показателями. Пробы донных отложений отбирали в горизонтах 0-2, 2-5, 5-10, 10-15 см и далее через каждые 10 см отобранной колонки (максимум до 100 см). Определения концентраций CH_4 и $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ выполнены по общепринятым в системе Росгидромета стандартным методикам: CH_4 – парофазным газохроматографическим методом, $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ – фотометрическим методом с диметилпарафенилендиамином (Федоров и др., 2007).

Сульфидные иловые континентальные черные и темно-серые грязи озер Пиленкино, Большой Тамбукан, Грузское, Яшалтинское и Соленое характеризуются наиболее высокими концентрациями $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ и низкими (в среднем $<0,5$) значениями отношения $\text{CH}_4/\Sigma\text{H}_2\text{S}$, что свидетельствует о доминировании процесса сульфидообразования над метаногенезом. Как правило, для раствора (рапы), покрывающего грязь, характерна высокая минерализация и концентрация сульфатных ионов. Сопочные вулканические грязи, отобранные из жерл вулкана Гнилая Гора и подводного вулкана Голубицкий (район г. Темрюка) характеризовались относительно высокими концентрациями CH_4 (2,36-2,54 $\mu\text{г/г}$) и низкими $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ (0,018-0,108 мг/г). Черные маслянистые грязи псевдовулканического озера Голубицкое содержали CH_4 в количестве 0,5-0,91 $\mu\text{г/г}$, а $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ – 1,18-3,07 мг/г . В сопочном озере Мыска концентрация CH_4 в темно-серых грязях изменялась от 0,9 до 2,8 $\mu\text{г/г}$, а $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ – от 0,01 до 0,7 мг/г . Величины отношения $\text{CH}_4/\Sigma\text{H}_2\text{S}$ в псевдовулканических грязях занимали промежуточные значения между континентальными и сопочными грязями. Вышеизложенное свидетельствует о том, что в этих озерах метаболические процессы протекают при участии вещества и энергии, поступающих из глубинных очагов. Приморские грязи периодически пересыхающего Ханского озера, а также морские грязи

Бейсугского лимана характеризовались минимальными содержаниями CH_4 и $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ (от 0,01 до 0,04 мкг/г и от 0,005 до 0,33 мг/г соответственно). В приморских минерализованных озерах Плесо-Круглое и Сладкий лиман концентрации как CH_4 , так и $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ в гязях были значительно выше и достигали 1,27-21,1 мкг/г и 0,24-1,25 мг/г соответственно. С глубиной в этих озерах концентрация CH_4 возрастала, а $\Sigma\text{H}_2\text{S}$ снижалась. Это, наряду с высокими значениями отношения $\text{CH}_4/\Sigma\text{H}_2\text{S}$ (от 1,5 до 68), свидетельствует о возможном глубинном подтоке CH_4 и отнесения этих гязей к псевдовулканическим образованиям.

Проведенные исследования показали, что концентрация метана в донных осадках сульфидных водоемов может находиться в количествах сопоставимых с его содержанием в морских и пресноводных водных объектах. Величина предложенного нами коэффициента сульфидизации уменьшается по направлению «сопочные вулканические гязи из жерл → деградированные приморские гязи → псевдовулканические гязи озер → приморские и морские гязи, гязи пресноводных водоемов и водотоков → континентальные сульфидные иловые гязи». В этом же направлении увеличивается и концентрация $\Sigma\text{H}_2\text{S}$. Следует отметить, что при переходе от донных осадков, представленных гязевыми отложениями, к подстилающим их коренным суглинисто-глинистым отложениям ложа, наблюдается как резкое изменение значений pH и Eh, так и снижение концентраций CH_4 и $\Sigma\text{H}_2\text{S}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта НШ-5548.2014.5, проектов №№ 1334, 5.1848.2014/К.

PRIMARY SCREENING OF PRE-BAIKALIAN MEDICINAL PLANTS FOR PRESENCE OF ANTIBIOTIC ACTIVITY

Fedorova G.A.¹, Sukhanova Ye.V.¹, Zimens Ye.A.¹, Shishlyannikova T.A.¹,
Molozhnikov V.N.², Parfenova V.V.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²A.A. Yezhevsky Irkutsk State Agricultural University (IkrSAU), Irkutsk, Russia
fgalina@mail.ru

It is known that many medicinal plants growing in the Pre-Baikal Region have antimicrobial, anti-inflammatory, immunomodulatory, anti-oxidant and other characteristics, but their active components are identified only for separate representatives of medicinal plants. The project task is **to perform integrated studies of Pre-Baikalian medicinal plants manifesting antibiotic characteristics towards pathogenic and opportunistic pathogenic microorganisms**. The data obtained will considerably extend and complete the information on the chemical composition of Pre-Baikalian plants and will allow extending the use of raw resources of medicinal plants.

Antibiotic properties of 10 Pre-Baikalian medicinal plants growing under extreme natural conditions (Khamar-Daban mountains) are characterized: *Polygonatum odoratum*, *Filifolium sibiricum* (L.) Kitam, *Anemone crinita* Juz., *Pulsatilla turczanmowi* Kril., *Rhaponticum uniflorum* L., *Thymus baicalensis* Serg., *Leontopodium campestre* Ledeb., *Vaccinium myrtillus* L., *Potentilla fruticosa* L., *Duschekia fruticosa* (Rupr.).

Summary extracts of the studied plants are obtained by infusion at room temperature in the ratio 1:10 (plant : leach) during 24 hours. We used as leaches distilled water (water infusion) and methanol-water (70:30). Each of the studied extracts was tested for antibiotic activity. The results showed that among 10 plants extracts, only 3 did not manifest any antimicrobial activity (*Polygonatum odoratum*, *Leontopodium campestre* Ledeb., *Thymus baicalensis* Serg.). The widest spectrum of antimicrobial activity belongs to extract of *Duschekia fruticosa* (Rupr.), which inhibited the growth of all test cultures. Extracts of *Potentilla fruticosa* L. and of *Filifolium sibiricum* (L.) Kitam manifested as well a wide range of antimicrobial activity. They effected all test strains except *L. monocytogenes* and *Ps. aeruginosa*, respectively. Less active (by lysis zone) were extracts of *Rhaponticum uniflorum* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Anemone crinita* Juz., *Pulsatilla turczanmowi* Kril. Nevertheless, they were active inhibitors of growth of *Ps. aeruginosa*. Extract of *Vaccinium myrtillus* L. inhibited growth of *St. Aureus*, one of *Rhaponticum uniflorum* L. – growth of *Yer. Pseudotuberculosis*. It is to notice that extracts of nine plants studied, except *Filifolium sibiricum* (L.) Kitam inhibited growth of *Ps. aeruginosa*.

It is shown that extraction of antimicrobial compounds depends on the leach used. The most perspective is the leach water-methanol: 6 plants extracts of 10 manifested the presence of

antimicrobial activity. Maximal zones (from 4 to 10 mm) of test culture of *Y. pseudotuberculosis* are also found for these extracts.

ПЕРВИЧНЫЙ СКРИНИНГ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРИБАЙКАЛЬЯ НА НАЛИЧИЕ АНТИБИОТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Федорова Г.А.¹, Суханова Е.В.¹, Зименс Е.А.¹, Шишлянникова Т.А.¹,
Моложников В.Н.², Парфенова В.В.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (ИркГАУ),
Иркутск, Россия
fgalina@mail.ru

Известно, что многие лекарственные растения, произрастающие в Прибайкалье, обладают антимикробными, противовоспалительными, иммуномодулирующими, антиоксидантными и др. свойствами, но их активные компоненты идентифицированы только для отдельных представителей лекарственных растений. Задача проекта – комплексное исследование лекарственных растений Прибайкалья, проявляющих антибиотические свойства по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам. Полученные данные существенно расширят и дополнят сведения по химическому составу растений Прибайкалья, обладающих бактерицидным действием, позволят расширить использование сырьевой базы лекарственных растений.

Охарактеризованы антибиотические свойства 10 лекарственных растений Прибайкалья, произрастающих в местах с экстремальными природными условиями (горы Хамар-Дабана): купена душистая (*Polygonatum odoratum*), нителистник (*Filifolium sibiricum* (L.) Kitam), ветреница длинноволосая (*Anemone crinita* Juz.), прострел Турчанинова (*Pulsatilla turczanmowi* Kril.), большеголовник одноцветковый (*Rhaponticum uniflorum* L.), тимьян байкальский (*Thymus baicalensis* Serg.), эдельвейс сибирский (*Leontopodium campestre* Ledeb.), черника (*Vaccinium myrtillus* L.), пятилистник кустарниковый (*Potentilla fruticosa* L.), ольха кустарниковая, (*Duschekia fruticosa* (Rupr.).

Суммарные экстракты исследуемых растений получены методом настаивания при комнатной температуре в соотношении 1:10 (растение:экстрагент) в течение 24 часов. В качестве экстрагентов использованы дистиллированная вода (водный настой) и метанол-вода (70:30). Каждый из исследуемых экстрактов протестирован на наличие антибиотической активности. В результате проведенного исследования из 10-ти экстрактов растений только 3 не проявили антимикробной активности (купена душистая, эдельвейс сибирский, тимьян байкальский). Наиболее широким спектром антимикробной активности обладает экстракт ольхи, который ингибировал рост всех тест-культур. Также широким спектром антимикробной активности обладали экстракты пятилистника и нителистника, воздействовавшие на все тест-штаммы, кроме *L. monocytogenes* и *P. aeruginosa*, соответственно. Менее активными (по зоне лизиса) оказались экстракты большеголовника, черники, ветреницы длинноволосой, прострела Турчанинова. Тем не менее, они проявили активность подавления роста *P. aeruginosa*. Экстракт черники ингибировал рост *S. aureus*, а большеголовника – *Y. pseudotuberculosis*. Следует отметить, что экстракты девяти исследуемых растений, кроме нителистника, подавляли рост *P. aeruginosa*.

Показано, что извлечение антимикробных соединений зависит от применяемого экстрагента. Наиболее перспективным оказался экстрагент вода-метанол: из 10 растений экстракты шести показали наличие антимикробной активности. Максимальные зоны (от 4 до 10 мм) тест-культуры *Y. pseudotuberculosis* отмечены также для данных экстрактов.

RESULTS OF MODELING AND EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF ECOSYSTEMS OF LARGE LAKES OF EURASIA

Filatov N.¹, Panin G.², Diansky N.³, Ibraev R.³, Nazariova L.¹, Golosov S.¹, T. Viriuchalkina²

¹Northern water problems institute Karelian Research center RAS, Petrozavodsk,

²Water Problems Institute RAS, Moscow, Institute of Numerical mathematic RAS, Moscow

³Institute of Numerical mathematics RAS, Moscow,
nfilatov@rambler.ru

In the report discuss the current problems of modeling and experimental studies of large stratified lakes of Eurasia, such as Ladoga, Onego and the Caspian Sea-Lake, to assess their condition and

prognosis of hydrological regime and ecosystem under different scenarios of anthropogenic impact and climate changes. Problems of development and use of modern methods of improving of monitoring and mathematical modeling, creation of methodological bases for understanding the ecosystem water conditions and better prediction of aquatic ecosystems under anthropogenic and climate changes are under consideration. The issues to minimize threats of anthropogenic eutrophication, assessment of carrying capacity, recovery of lake systems and improve integrated water management systems. The issues of development of legislation to restore and preserve the unique water bodies of strategic importance for the Russian economy.

Acknowledgements. This work is based on the results of Grant RSF № № 14-17-00740 and RFBR № 14-05-00663.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ КРУПНЕЙШИХ ОЗЕР ЕВРАЗИИ

Филатов Н.Н.¹, Панин Г.Н.², Дианский Н.А.³, Ибраев Р.А.³, Выручалкина Т.Ю.²,
Голосов С.Д.¹, Назарова Л.Е.¹

¹Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

²Институт водных проблем РАН, Россия

³Институт вычислительной математики РАН, Москва, Россия

nfilatov@rambler.ru

Обсуждаются актуальные проблемы моделирования и экспериментальных исследований крупных стратифицированных озер Евразии, таких как Ладожское, Онежское и Каспийское море-озеро, для оценки их состояния и прогноза гидрологического режима и экосистем при разных сценариях антропогенной нагрузки и изменений климата. Обсуждаются проблемы совершенствования и внедрения современных методов мониторинга и математического моделирования, создания методологических основ экосистемного водопользования для понимания состояния и совершенствования прогнозирования изменений водных экосистем при антропогенных и климатических изменениях. Рассматриваются вопросы минимизации угроз антропогенного эвтрофирования, оценки ассимиляционного потенциала, восстановления озерных систем и совершенствования систем интегрированного управления водопользованием. Обсуждаются вопросы разработки законодательных актов для восстановления и сохранения уникальных водных объектов, имеющих стратегическое значение для экономики России.

Работа выполняется по грантам РФФИ № 14-17-00740, РФФИ 14-05-00663.

METAGENOMIC ANALYSIS OF BACTERIONEUSTONIC COMMUNITIES OF LAKE BAIKAL

Galachyants A.D., Belkova N.L., Sukhanova E.V., Parfenova V.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Agniagal@lin.irk.ru

Bacterioneuston is the microbial community inhabiting upper 50 micrometers of water (Cunliffe et al., 2011). Nowadays metagenomic analysis is actively used for investigating bacterial communities. This method can either provide information about some functional characteristics of the representatives of these communities.

The main aim of this study was to perform metagenomic analysis of Lake Baikal bacterioneustonic communities. Three samples were taken in May 2013 in the open area of south basin of Lake Baikal. Two stations were abyssal: central station of the section Sett. Listvyanka – Sett. Tankhoj (1350 m) and 12 km off Sett. Kultuk (>1000 m), one station was shallow (42 m deep, 3 km off creek Kharaus, Selenga River). Metagenomic sequencing was done by company ChunLab Inc. (National university of Seoul, Korea) using Roche/454 Genome Sequencer FLX Titanium. Data obtained were processed in Mothur software.

As follows from the pyrosequencing, 4067 sequences, divided on 191 OTU, were found in the sample got off Sett. Kultuk; in the sample got from the central station Sett. Listvyanka – Sett. Tankhoj – 6352 sequences, 316 OTU; off creek Kharaus, Selenga River – 7388 sequences, 264 OTU. Every sequence was not shorter than 200 nucleotides.

Four dominant phyla: Bacteroidetes, Actinobacteria, Proteobacteria, Verrucomicrobia and seven minor phyla: Acidobacteria, Armatimonadetes, Chloroflexi, Firmicutes, Gemmatimonadetes, Nitrospira and Planctomycetes were revealed in neuston by metagenomic analysis. Dominant phyla were represented in all three samples. Among classified the highest fraction of OTU classified up to the genus level belonged to *Flavobacterium* – 42% (contained 26% of all sequences).

88 OTU (92% of all sequences) were common for all three samples. Representative sequences of eleven OTU (contain 45% of sequences) have high homology (99-100%) with the sequences of microorganisms actively degrading polysaccharides (Martinez-Garcia et al., 2012a). Representative sequences of twelve OTU (33% of sequences) revealed high homology with the sequences of photoheterotrophic microorganisms (Martinez-Garcia et al., 2012b). Also there were sequences relating to metanotrophs and ammonia-oxidizing bacteria.

73 (1.3% of all sequences) unique OTUs were found in the sample got off the Sett. Kultuk. Representative sequence of OTU 21 (35% of sequences) had 98% of homology with the sequence of phototrophic bacteria A8P4 10C10 (HQ241949).

162 unique OTUs (1.9% of sequences) were found in the sample got in the central station Sett. Listvyanka – Sett. Tankhoj. More than 20% of sequences were related to the sulfur-oxidizing bacteria (Kojima et al., 2014).

120 unique OTUs (1.2% of sequences) were found off the creek Kharaus (Selenga River). Sulfur-oxidizing bacteria and methylotrophs were recovered there.

As a result this study demonstrates that composition of all three investigated samples is alike. The microbial community is dominated by active polysaccharide degraders, but also a high fraction of bacteria are photoheterotrophic. There were not found substantial differences in the composition and structure of studied bacterial communities.

МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ БАКТЕРИОНЕЙСТОННЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Галачьянц А.Д., Белькова Н.Л., Суханова Е.В., Парфенова В.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

Agniagal@lin.irk.ru

Бактерионейстон – это микробное сообщество, населяющее верхние 50 мкм водной толщи (Cunliffe et al., 2011). В последнее время для изучения структуры и разнообразия бактериальных сообществ активно применяют метод метагеномного анализа, позволяющий также получить представление о некоторых функциональных свойствах представителей этих сообществ.

Целью нашего исследования стало проведение метагеномного анализа бактерионейстонных сообществ озера Байкал. В мае 2013 года были отобраны 3 пробы нейстонной пленки в открытой части южной котловины озера Байкал. Две станции были глубоководными: центральная точка разреза Листвянка–Танхой (1350 м) и в 12 км от пос. Култук (>1000 м), одна – мелководная (глубина 42 м, 3 км от протоки Харауз, р. Селенга). Метагеномное секвенирование фрагмента гена 16S рРНК проводили на пиросеквенаторе Roche/454 Genome Sequencer FLX Titanium компанией ChunLab Inc. (Национальный университет Сеула, Республика Корея). Обработку метагеномных данных проводили в программе Mothur.

В пробе, отобранной в 12 км от п. Култук, в результате пиросеквенирования было выявлено 4067 последовательностей, разделенных на 191 ОТЕ; на центральной станции п. Листвянка – п. Танхой – 6352 последовательности, 316 ОТЕ; в 3 км от прот. Харауз (р. Селенга) – 7388 последовательностей, 264 ОТЕ. Длина каждой последовательности была не менее 200 нуклеотидов.

Метагеномный анализ показал наличие в нейстонной пленке четырех доминирующих фил: Bacteroidetes, Actinobacteria, Proteobacteria, Verrucomicrobia, а также семи минорных фил: Acidobacteria, Armatimonadetes, Chloroflexi, Firmicutes, Gemmatimonadetes, Nitrospira и Planctomycetes. Доминирующие филы были представлены во всех трех пробах. Среди классифицированных наибольшее количество ОТЕ, идентифицированных до рода, приходится на долю рода *Flavobacterium* – 42% (содержат 26% от всех последовательностей).

88 ОТЕ (92% от общего числа последовательностей) являются общими для всех трех проб. Репрезентативные последовательности 11 ОТЕ (содержат 45% последовательностей) имеют высокую степень гомологии (99-100%) с последовательностями микроорганизмов, активно деградирующих полисахариды (Martinez-Garcia et al., 2012a). Репрезентативные последовательности 12 ОТЕ (33% последовательностей) имеют высокую степень гомологии с последовательностями фотогетеротрофных микроорганизмов (Martinez-Garcia et al., 2012b). Также встречаются последовательности, относящиеся к метанотрофным микроорганизмам, нитрат-окисляющим бактериям.

В пробе, отобранной на станции 12 км от п. Култук, найдено 73 уникальных ОТЕ (1,3% от общего числа последовательностей). При этом репрезентативная последовательность ОТЕ 21 (35%

последовательностей) на 98% гомологична последовательности фототрофной бактерии A8P4 10C10 (HQ241949).

В пробе, отобранной в центральной точке разреза Листвянка–Танхой, обнаружено 162 уникальных ОТЕ (1,9% от общего числа последовательностей). Среди них более 20% последовательностей, высокогомологичных штамму, являющемуся сероокисляющим микроорганизмом (Kojima et al., 2014).

В пробе, отобранной в точке 3 км от протоки Харауз (р. Селенга), обнаружено 120 уникальных ОТЕ, содержащих 1,2% от общего числа последовательностей. Среди них выявлены последовательности сероокисляющих микроорганизмов, метилотрофы.

Таким образом, было выявлено, что состав бактерионейстонных сообществ сходен между собой, в них преобладают микроорганизмы, активно деградирующие полисахариды. Большая доля также приходится на фотогетеротрофные бактерии. Существенных различий между составом и структурой сообществ обнаружено не было.

THE PHENOMENOLOGICAL NATURE OF THE CYCLES OF FEEDING, SPAWNING MIGRATIONS SEMI-ANADROMOUS FISH FAUNA ENISEYSKOY

Gaydenok N.D.

Siberian state technological university, Russia, Krasnoyarsk
ndgay@mail.ru

When analyzing the characteristics of migration Yenisei whitefish diagram is shown in Fig. 1.A, clearly observed the following picture:

1 At the end of June – beginning of July in the year t winter spawning race starts EM anadromiyu from point A; in late October - early November of the same year she reaches the top of the spawning grounds – point C; in late June – early July of the following year $t + 1$ otherestovavshie individual reappear at the borders of the area feeding - point B;

Further there is a two-year $2 - t + 1, t + 2$ – cycle feeding in Guba and desalinated Yenisei Yenisei Gulf area and again the following year $t + 3$ – spawning migration in the beginning of the lower reach of the middle reaches.

Conceptually, the full cycle of feeding, spawning migrations fish fauna can be divided into two periods – a steady feeding period, which lasts from one to two-three years – and spawning migration is usually carried out for the Yenisei whitefish for six months to a year. For Yenisei sturgeon different morphs and races of the Volga and the Persian sturgeon spawning migration can have a length from six months to two years.

Our studies have shown that the basis of race formation is not so much a phenomenon of increasing the spawning population of the strategy through the development of different types of immigrants of different parts of spawning grounds as a phenomenon endolimitirovaniya of food resources – of the individuals in the population simply does not have time for a certain period to consume enough food maturation rut until stage III, and they are forced to hold almost a year spawning migratsiyu. V perestoya result of such individuals there is a stressful situation and they perform in the literal sense "runaway" spawning migration, similar explosions avifauna or lemmings march and ends where the fish finds sludge – the spawning grounds.

In its phenomenological nature of the formal description of the feeding cycle, spawning migrations it has similarity with the model Ressler (Rossler, 1976) continuous chaotic dynamics presented system

$$dX / dt = - (Y + Z)$$

$$dY / dt = X + aY$$

$$dZ / dt = a + Z (X - m)$$

where the variables X, Y, Z have the following migration analogues: X – the length of fattening "north-south"; Y – fattening the width of the "West-East"; Z – spawning anadromii. And when comparing the circuit feeding EM-spawning migration to the dynamics model Rossler clearly seen quite a close match.

You can give the following phenomenological picture of the migration cycle. As of maturity comes with speed and gametogenesis. Further, in order to go up to spawn it is necessary first to work up the body a certain amount of energy and generative products, which in the first approximation, proportional to the length of the cycles of feeding, can be displayed for X and Y. Moreover, it is necessary not just to work up, and to weight gain (proportional gain) were above a certain value of m.

It is worth noting that such a pattern of physiological dynamics is observed not only for whitefish, but also for other species of fauna eniseyskoy – whitefish; semi-flow whitefish; cisco, inconnu; Yenisei sturgeon. What is evident in the example of the migration cycle of semi-Yenisei sturgeon: feeding cycles – three years – lay in the plane XY, (Delta and Guba); then there is a "spawning a surge" in the area of spawning all returns to a stable stage of feeding.

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ЦИКЛОВ НАГУЛЬНО-НЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ ПОЛУПРОХОДНОЙ ЕНИСЕЙСКОЙ ИХТИОФАУНЫ

Гайденок Н.Д.

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск, Россия
ndgay@mail.ru

При анализе особенностей миграций енисейского муксуна схема которых представлена на рис. 1.а, отчетливо наблюдается следующая картина:

1 В конце июня – начале июля в год t озимая раса ЕМ начинает нерестовую анадромию из точки А; в конце октября – начале ноября того же года она достигает Верхних нерестилищ – точка С; в конце июня – начале июля следующего года $t + 1$ отнерестовавшие особи вновь появляются у границ ареала нагула – точка В;

2 Далее происходит двухгодичный $- t + 1, t + 2$ - цикл нагула в Губе Енисея и опресненной зоне Енисейского залива и вновь на следующий год $- t + 3$ - нерестовая миграция в начало Нижнего Плеса Среднего Течения.

В концептуальном плане в полном цикле нагульно – нерестовых миграций ихтиофауны можно выделить два периода – устойчивый период нагула, длящийся от одного до двух – трех лет –, и период нерестовой миграции, как правило, осуществляемый для енисейских сиговых на протяжении от полугода до года. Для енисейского осетра и различных морф и рас волжского и персидского осетров период нерестовой миграции может иметь протяженность от полугода до двух лет.

В наших исследованиях показано, что в основе расообразования лежит, не столько феномен повышения нерестовой стратегии популяции за счет освоения различными типами мигрантов различных участков нерестилищ, сколько, феномен эндолимитирования по кормовой базе – часть особей популяции просто не успевает в течении определенного периода потребить достаточное количество корма для созревания гона до III стадии и они вынуждены задерживать практически на год нерестовую миграцию. В результате перестоя у таких особей возникает стрессовое состояние, и они осуществляют в прямом смысле «безудержную» нерестовую миграцию, подобную эксплозиям орнитофауны или шествию леммингов, и заканчивающуюся там, где рыбу застает шуга – на нерестилищах.

По своей феноменологической сущности формальное описание цикла нагульно – нерестовых миграций имеет подобие с моделью Ресслера (Rössler, 1976) непрерывной хаотической динамики, представленной системой

$$dX/dt = -(Y + Z)$$

$$dY/dt = X + aY$$

$$dZ/dt = a + Z(X - m)$$

где переменные X, Y, Z имеют следующие миграционные аналоги: X – нагул по длине «север - юг»; Y – нагул по ширине «запад - восток»; Z – нерестовой анадромии. И при сопоставлении схемы нагульно-нерестовых миграций ЕМ с динамикой модели Ресслера отчетливо наблюдается вполне близкое соответствие.

Можно дать следующую феноменологическую картину цикла миграций. По наступлении половозрелости идет гаметогенез со скоростью a . Далее, для того, чтобы идти вверх на нерест надо прежде нагулять в теле определенный запас энергии и генеративных продуктов, который в первом приближении пропорционален длине циклов нагула, представимых переменными X и Y . Причем, необходимо не просто нагулять, а так, чтобы прирост веса (пропорционален нагулу) были выше определенной величины m . Здесь стоит заметить, что такая картина физиологической динамики наблюдается не только для муксуна, но и для других видов енисейской фауны – ряпушки; полу-проходного сига; омуля, нельмы; енисейского осетра. Что ярко проявляется на примере миграционного цикла полупроходного енисейского осетра: циклы нагула – три года – лежат в плоскости XY, (Дельта и Губа); затем происходит «нерестовый всплеск» в район нерестилищ все снова возвращается в устойчивую стадию нагула.

ON THE ISSUE OF RACE YENISEI FISH FAUNA

Gaydenok N.D., Zadelenov V.A.

ndgay@mail.ru

For a number of representatives of whitefish (whitefish, whitefish), salmon (white salmon) and sturgeon (sturgeon) Yenisei characterized as morphological and topical differentiation spawning grounds, namely the presence of two races, as a rule, small and large. A similar pattern is observed for acclimatized in 1964 - 1970 years. In Krasnoyarsk Reservoir bream in Lake Ubinskoe Novosibirsk reg., Who for 22 - 28 years already, there were two races - the largest and tugoroslaya (length shorter than 1/3 and 1/2 weighs less). Himself period Raso education is confined to the 1980 - 1990 biennium. The reason for this differentiation is bream in low biomass feed classical bream - zoobenthos - and the consequent need, as a transition to food by zooplankton, and the development of deep-water ekopopov - from 15 to 30 m instead of the typical 4 - 10 m.

Education races bream direct analogue of the classical Darwin's finches and short-to-race formation period - 25 years - a combination of genetic and population dispersion Lamarckism. For food for zooplankton needs more frequent tychinkovy apparatus, ie mnogotychinkovaya shape, while as food zoobenthos-one to implement malotychinkovaya form. What is evident for example whitefish Siberian rivers and lakes - from the Ob to Lena - here there mnogotychinkovaya (usually "river whitefish") and malotychinkovaya - lake (Lake Lama).

However, in the county in population continuum whitefish exist, these two forms and two more, one of which is similar in all residential shirokoteloy form whitefish Delta and lips of the Yenisei, and the other is to use the terminology characteristic of the genesis of Baikal omul - pelagic whitefish also who went on food zooplankton and far from his ledovitomorskogo anonymous (private message V. Smirnov) - pelagic form mokchegora humpback lake, more precisely - limnetic - whitefish. Certain analogues of this "ichthyo - riddles," for even the YS Reshetnikov was able to give a clear answer about its taxonomy, live in the Delta of the Yenisei.

Let us turn to Sigov Yenisei. According to our research (Gaydenok, 2014), shown above on the past, there have Yenisei whitefish population continuum, including three populations - two residential - small or tundra and shirokoteluyu, are constantly living in the Delta, and the lip of the Yenisei River and spawning only in the subordinate network of hydrographic component of the Yenisei (pp. Yara and Tanama etc.), and one semi-Khodnev so dwells in the region, but spawning in the Yenisei on teaching-stke length of 800 km, starting from the feeding grounds which are located 700 km and the end of 1500 km - Fig. 1. semi-anadromous populations there are two races - large and small, the first of which spawns on the top of the spawning grounds, feeding grounds are located on the 1200 - 1500 km, and the small - 700 - 900 km.

For eniseyskoy vendace population, there is also a continuum, turn-conductive Turukhansky (actually Yenisei) and Kara whitefish, second infiltrated the hydrography of the Yenisey Lena (AF Ustyugov).

These subtypes are found on virtually overlapping ecotopes -karskaya-West Bank of the Yenisei Gulf, Turukhanskaya - east. They have different spawning - Kara pp. Yara and Tanama et al. And the rivers and Kureyka Hantayka; Turukhanskaya - Yenisey in the area 700 - 1200 km from the feeding grounds. Turukhansk also has two races - small and large, like a semi-spawning whitefish Yenisei. And it has a large large eggs.

Features continuum sturgeon population Yenisei and geological features of the formation of the above continuum will be discussed in this publication.

К ВОПРОСУ О РАСАХ ЕНИСЕЙСКОЙ ИХТИОФАУНЫ

Гайденок Н.Д., Заделенов В.А.

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск, Россия

ndgay@mail.ru

Для ряда представителей сиговых (муксун, ряпушка), лососевых (нельма) и осетровых (осетр) Енисея характерна, как морфологическая, так и топическая дифференциация мест нереста, а именно: наличие двух рас, как правило, мелкой и крупной. Аналогичная картина наблюдается и для акклиматизированного в 1964 – 1970 гг. в Красноярское вдхр. леща из оз. Убинское Новосибирской обл., у которого за 22 – 28 лет уже существовало две расы – крупная и тугорослая (длина на 1/3 короче и в 1/2 меньше весит). Сам период расообразования приурочен к 1980 – 1990 гг. Причину такой дифференциации леща находится в низких биомассах классического корма леща – зообентоса – и вытекающей из этого необходимости, как перехода на питание

зоопланктоном, так и освоение глубоководных экопопов – от 15 до 30 м вместо типичных 4-10 м.

Образование рас у леща прямой аналог классическим дарвинским выюркам, а короткий период расообразования – 25 лет – комбинация генетической дисперсности популяции и ламаркизма. Ибо для питания зоопланктоном необходим более частый тычинковый аппарат, т.е. многотычинковая форма, в то время, как питание зообентосом осуществляет малотычинковая форма. Что ярко проявляется на примере муксуна сибирских рек и озер – от Оби до Лены – здесь существует многотычинковая (как правило «речной муксун») и малотычинковая – озерный (оз. Лама).

Однако, в Лене в популяционном континууме муксуна существуют, как эти две формы, так и еще две, одна из которых по всем аналогична широкотелой жилой форме муксуна Дельты и Губы Енисея, а другая является, если пользоваться терминологией особенностью генезиса байкальского омуля – пелагический сиг также перешедший на питание зоопланктоном и далекий от своего ледовитоморского анонима (личное сообщение В.В. Смирнова) - пелагическая форма мокчегора горбатого озерного, точнее – лимнического - сига. Определенные аналоги этой «ихтио – загадки», ибо даже сам Ю.С. Решетников не смог дать однозначного ответа относительно ее таксономии, обитают также в Дельте Енисея.

Перейдем к сиговым Енисея. Согласно нашим исследованиям (Гайденок, 2014), помимо выше показанного, у енисейского муксуна существует популяционный континуум, включающий три популяции – две жилых – мелкую или тундровую и широкотелую, постоянно обитающих в Дельте и Губе Енисея и нерестящихся только в придаточной сети данного гидрографического компонента Енисея (рр. Яра и Танама и др.), и одну полупроходную, так обитающую в данном регионе, но уже нерестящихся в самом Енисее на участке протяженностью 800 км, начало которого от мест нагула расположено в 700 км, а окончание в 1500 км – рис. 1. У полупроходной популяции существует две расы – крупная и мелкая, первая из которых нерестится на Верхних нерестилищах, расположенных от мест нагула в 1200-1500 км, а мелкая - в 700-900 км.

Для енисейской ряпушки существует также популяционный континуум, включающий туруханскую (собственно енисейскую) и карскую ряпушку, вторично проникшую в гидрографию Енисея из Лены (А.Ф. Устюгов).

Эти подвиды обитают на практически не перекрывающихся экотопах -карская западный берег Енисейского залива, туруханская – восточный. Имеют различные места нереста – карская в рр. Яра и Танама и др. и реках Курейка и Хантайка; туруханская – в Енисее на участке 700-1200 км от мест нагула. Туруханская имеет также две расы – мелкую и крупную, нерестящуюся подобно полупроходному муксуну Енисея. Причем крупная имеет более крупную икру.

Особенности популяционного континуума осетра Енисея и геологические особенности образования вышеперечисленных континуумов будут рассмотрены в настоящем издании.

RADICAL CHANGES IN THE ECOLOGY OF THE UPPER STREAM YENISEI AS A RESULT OF HYDRAULIC ENGINEERING

Gaydenok N.D., Perezhilin A.I.

Siberian state technological university, Krasnoyarsk, Russia
ndgay@mail.ru

Hydro in the upper reaches of the Yenisei River has led to changes in hydrological and hydro-physical conditions of the river (Fig. 1), which could not but affect the functioning hydrobiocenoses reservoirs not only educated, but also in the downstream. So ecotope Yenisei resulting flow regulation downstream of the Krasnoyarsk hydroelectric power station (segment “Divnogorsk-Angara”) formed a unique pseudolimnicheskyy water body like a hydrothermal reservoir, combining Lothic and limnological properties, which thermals and transparency "to the bottom" can be called "current Baikal" (Fig. 1.a), where the water temperature in the winter, like a lake, does not fall below 2-2.2°C (Fig. 1.c), in contrast to the Yenisei in the winter 0.1°C, but freezing, not including narrow zaberegov, practically not formed.

The biocenosis Yenisei also changed dramatically, such a large-scale geological disaster:

1. There has been a shift of fish habitat and a radical restructuring ichthyocenosis – on the site of the former carp ichthyocenosis haryuzovy formed (Fig. 1 d). As if we turned the structure of the Upper Yenisei vice versa. Here biomass Yenisei grayling reaches 600-700 m / ENB waters;

2. Phitobentotsenoze ENB has a new element, which is absent in this area early Yenisei – briotsenoz the aquatic mosses, absolute dominant among which is Fontinalis antipyretica Hedw., And localized in the depth range from 1.5 to 10 m. Mosses are natives of the Upper Yenisei in Tuva;

3. The main element of autotrophs having maximum productivity (5 - 350 gC/m² • the year, with an average 443 gC/m² • Year) within the waters under consideration is microphytobenthos, in the dynamics of biomass which two peaks - the spring (May-June) and autumn (September) – Fig. 1.f.;

4. Zoobentosenos also remained unchanged - amphipods (Eulimnogammarus (Philolimnogammarus) viridis (Dybowsky, 1874) and Gmelinoides fasciatus (Stebbing, 1899)), common to the "natural" Yenisei almost the entire water area of the upper reaches of the lower limit (ie, . ENB) to the mouth of the Yenisei, and the most abundant in the middle reaches of the Yenisei River and Delta, in the present period is not just spread the Yenisei River upstream to the dam of the Krasnoyarsk hydroelectric power station, but also occupied a dominant position in zoobenthos ENB. Sometimes amphipods given the status of "Baikal introducers" because of the introduction of G. fasciatus in Krasnoyarsk sea that is conjuncture progress in accordance with the above stated – just for Russell in the Yenisei after the formation of runoff Baikal Angara (Lower Tunguska) really Baikal species to become the time of construction of hydropower plants already Aboriginal ENB formed the optimal conditions for their existence, such as the Baikal. Thus their biomass is 6 - 41 kcal / m²;

5. Said above level amphipod biomass ENB determines an interesting phenomenon - this level of conflict between classical quantities feeding fish fauna - 2-4 kcal / m². In other water bodies do not exist year-round such values of zoobenthos biomass. The solution of this phenomenon lies in the fact that at the present level of human impact on the ENB there ihtioreofila capable consume within 1.5 m / s hiding in thickets of water moss amphipods: River whitefish and sturgeon sturgeon with common efforts to eliminate this phenomenon, but their eliminate people.

6. Zoobentosenos also remained unchanged – amphipods (Eulimnogammarus (Philolimnogammarus) viridis (Dybowsky, 1874) and Gmelinoides fasciatus (Stebbing, 1899)), common to the "natural"Yenisei almost the entire water area of the upper reaches of the lower limit (ie, ENB) to the mouth of the Yenisei, and the most abundant in the middle reaches of the Yenisei River and Delta, in the present period is not just spread the Yenisei River upstream to the dam of the Krasnoyarsk hydroelectric power station, but also occupied a dominant position in zoobenthos ENB. Sometimes amphipods given the status of "Baikal introducers" because of the introduction of G. fasciatus in Krasnoyarsk sea that is conjuncture progress in accordance with the above stated - just for Russell in the Yenisei after the formation of runoff Baikal Angara (Lower Tunguska) really Baikal species to become the time of construction of hydropower plants already Aboriginal ENB formed the optimal conditions for their existence, such as the Baikal. Thus their biomass is 6-41 kcal/m²;

7. Said above level amphipod biomass ENB determines an interesting phenomenon - this level of conflict between classical quantities feeding fish fauna – 2-4 kcal/m². In other water bodies do not exist year-round such values of zoobenthos biomass. The solution of this phenomenon lies in the fact that at the present level of human impact on the ENB there ihtioreofila capable consume within 1.5 m/s hiding in thickets of water moss amphipods: River whitefish and sturgeon sturgeon with common efforts to eliminate this phenomenon, but their eliminate people.

РАДИКАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИИ ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ ЕНИСЕЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ГИДРОСТРОИТЕЛЬСТВА

Гайденок Н.Д., Пережилин А.И.

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск, Россия

ndgay@mail.ru

Гидростроительство в верхнем течении Енисея привело к изменению гидрологических и гидрофизических режимов реки (рис. 1), что не могло не отразиться на функционировании гидробиоценозов не только образованных водохранилищ, но и в нижних бьефах. Так в экотопе Енисея в результате зарегулирования стока в нижнем бьефе Красноярской ГЭС (участок «Дивногорск-Ангара») образовался уникальный псевдолимнический водный объект подобный гидротермальный водоему, сочетающий лотические и лимнические свойства, который по термике и прозрачности «до дна» можно назвать «текущим Байкалом» (рис. 1), где температура воды зимой, подобно озеру, не опускается ниже 2 – 2,2°С (рис. 1), в отличии от Енисея, где зимой 0,1 °С, однако, ледостав, не считая узких заберегов, практически не образуется.

В биоценозе Енисея также произошли радикальные изменения, подобные крупномасштабной геологической катастрофе:

1. Произошло смещение ареалов обитания рыб и коренная перестройка ихтиоценоза – на месте былого карпового ихтиоценоза образовался харьковский (рис. 1). Словно перевернули структуру Верхнего Течения Енисея наоборот. Здесь биомасса енисейского хариуса достигает 600-

700 т/акваторию ЭНБ;

2. В фитобентоценозе ЭНБ появился новый элемент, отсутствующий ранее на этом участке Енисея, – бриоценоз, представленный водными мхами, абсолютным доминантом среди которых является *Fontinalis antipyretica* Hedw., и локализованное в диапазоне глубин от 1,5 до 10 м. Мхи являются аборигенами Верхнего Течения Енисея в Туве;

3. Основным элементом автотрофов, обладающим максимальной продуктивностью (5-350 гС/м²·год, при средней 443 гС/м²·год) в пределах рассматриваемой акватории, является микрофитобентос, в динамике биомассы которого наблюдается два пика – весенний (май-июнь) и осенний (сентябрь) – рис. 1;

4. Зообентоценоз также не остался без изменений – амфиподы (*Eulimnogammarus* (*Philolimnogammarus* *viridis* (Dybowsky, 1874) и *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899)), распространенные в «естественном» Енисее практически по всей акватории от нижней границы верхнего течения (*т.е.* ЭНБ) до Енисейской губы и наиболее обильные в среднем течении и дельте Енисея, в настоящий период не просто распространились вверх по течению Енисея до плотины Красноярской ГЭС, но и заняли доминирующее положение в зообентосе ЭНБ. Иногда амфиподам придают статус «байкальских интродукторов» из-за интродукции *G. fasciatus* в Красноярское море, что является конъюнктурным ходом в соответствии с выше изложенным – просто для расселившихся в Енисей после образования стока Байкала в Ангару (Нижнюю Тунгуску) действительно байкальских видов, ставших к моменту построения ГЭС уже аборигенами, в ЭНБ образовались оптимальные условия для их существования, подобные байкальским. При этом их биомасса составляет 6-41 ккал/м²;

5. Вышепоказанный уровень биомассы амфипод определяет интереснейший феномен ЭНБ – коллизию между данным уровнем классическими величинами нагула ихтиофауны – 2-4 ккал/м². В прочих водоемах просто не существует таких круглогодичных величин биомассы зообентоса. Решение данного феномена заключается в том, что при современном уровне антропогенного воздействия на ЭНБ не существует ихтиореофила, способного потреблять на течении в 1,5 м/с прячущихся в зарослях водного мха амфипод: речной сиг и осетр со стерлядью общими усилиями устранили бы данный феномен, но их устранил человек.

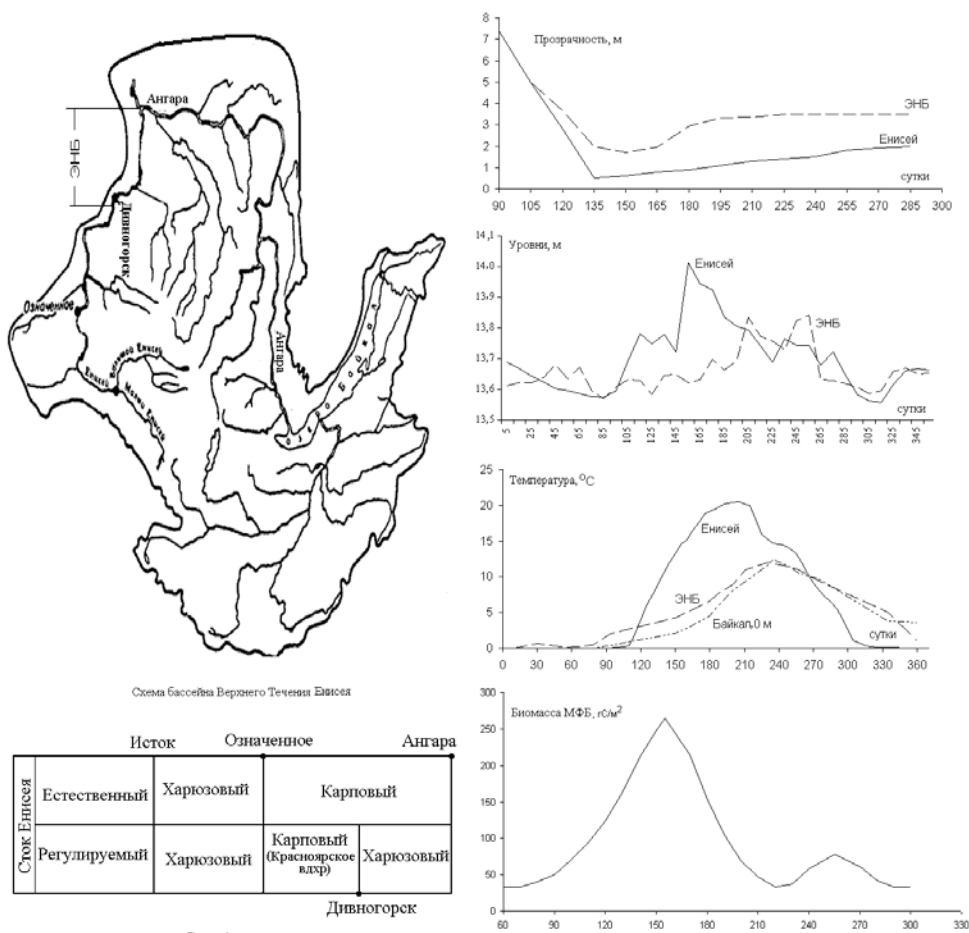


Рис. 1

DRY ATMOSPHERIC DEPOSITION IN THE TRANSITION ZONE “CONTINENT-OCEAN” IN EAST ANTARCTIC

Golobokova L.P.¹, Polkin V.V.², Onishchuk N.A.¹, Khuriganova O.I.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

lg@lin.irk.ru

Aerosol is one of the most dynamic components of the environment. It plays an important role in exchange between chemical compounds and elements in the system “continent-atmosphere-ocean”. Substances are transported with aerosol along the atmospheric channel in the polar areas. Deposited aerosol buries in the ice cover, thus serving as a specific record in the composition of atmospheric air. Trace gases (HCl, HNO₃, SO₂, and NH₃) and major and trace elements were investigated in the dissolved aerosol fraction at Station Molodyozhnaya during the 58th Russian-Antarctic expedition (RAE) and in the 100-mile zone along the route of R/Vs “Akademik Fedorov” and “Akademik Treshnikov” during the 52-59 RAE between stations Molodyozhnaya and Mirny (Antarctic). In earlier studies (Golobokova et al., 2011), total ion concentrations varied in aerosol between 3 and 4 µg/m³ in the coastal zone around the Antarctic continent (the 53rd RAE). The highest variability of concentrations in aerosol was also recorded in the transitional 100-mile zone with the similar values of total ions. The air mass trajectories showed that in 35% cases air masses were transported from offshore, in 46% cases – from the central or coastal areas of the Antarctic, and in 19% from both the coastal continental areas and offshore. Total ions at St. Molodyozhnaya did not exceed 0.8 µg/m³. The most common concentrations of ions varied between 0.3 and 0.4 µg/m³. The aerosol composition was affected by different sources. The continental contribution increased in the transitional zone near the research vessels and at the Arctic stations. The contribution of Na⁺ and Cl⁻ decreased in the relative aerosol composition, whereas that of NH₄⁺ and SO₄²⁻ increased. Elevated coefficients of saturation with potassium, sulfates and calcium were recorded near the stations. At St. Molodyozhnaya, the significant effect of continental sources was observed at the initial (02-18.01.13) and final (11-18.02.13) stages of measurements. Air masses in this period were transported from inner areas of the Antarctic or from its coastal territories. Qualitative characteristics of ions decreased, whereas coefficients of particle saturation with sulfates, calcium and potassium increased.

Dissolved trace elements play an important role in chemical composition of aerosol. Their concentrations in aerosol composition ranged significantly reaching 4-5 orders of magnitude. Total concentrations of trace elements varied from 3 to 41 ng/m³ in the transitional zone and from 3 to 57 ng/m³ at St. Molodyozhnaya. The concentrations of Fe, Zn, Ba and Cu were the highest, accounting for 70-80% of total trace elements. The content of Cr, Sr, Al, Ni, Cd, Mn and Pb was also high. Among them, the contribution of Cr, Sr and Al was recorded more often from natural sources, whereas Ni, Cd, Mn and Pb were of anthropogenic origin. The contribution of anthropogenic elements was 3.5% in the transitional zone and 7.5% at the station. Calculated factors of aerosol saturation showed that the highest coefficients of the same elements were recorded in the transitional zone and at the station. It is obvious that it is necessary to take into account emission of impurities into the polar atmosphere not only caused by long-distance transport of substances and emission of sea nutrients but also by local sources of emissions which are located on the Antarctic continent.

The work was supported by the program ONZ RAS-12 and project NCNIL_a15-55-16001.

СУХИЕ АТМОСФЕРНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ «МАТЕРИК-ОКЕАН» В РАЙОНЕ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ

Голобокова Л.П.¹, Полькин В.В.², Онищук Н.А.¹, Хуриганова О.И.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия

lg@lin.irk.ru

Аэрозоль один из наиболее динамичных компонентов природной среды. Он играет важную роль в процессах обмена между химическими соединениями и элементами в системе «континент-атмосфера-океан». Перенос вещества в составе аэрозоля по атмосферному каналу в полярных районах является довольно значимым. Осаждаясь, аэрозоль захоранивается в ледяном покрове и является своеобразной летописью состава атмосферного воздуха. Представлены результаты исследования газообразных примесей (HCl, HNO₃, SO₂, NH₃) и макро- и микрокомпонентов в растворимой фракции аэрозоля в атмосфере ст. Молодежная (58 РАЭ) и в 100-мильной зоне по маршруту следования НЭС «Академик Федоров» и «Академик Трешников» в период 52-59 РАЭ между станциями Молодежная и Мирный (Антарктида). Ранее [1] было показано, что в среднем,

суммарная концентрация ионов в составе аэрозоля в прибрежной зоне вокруг антарктического континента (53 РАЭ) изменялась в пределах 3-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. В данном исследовании отмечено, что наибольшая вариабельность концентраций в составе аэрозоля также наблюдалась в переходной 100-мильной зоне с аналогичным преобладанием диапазона суммы ионов. Согласно анализу траекторий движения воздушных масс выявлено, что в 35% случаев воздушные массы поступали с морской акватории, в 46% случаев – с центральных или прибрежных районов Антарктиды, 19% – как с прибрежных территорий континента, так и с морской акватории. Сумма ионов на станции Молодежная не превышала 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Наиболее повторяемы концентрации ионов в пределах 0,3-0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Рассмотрен вклад различных источников в формирование состава аэрозоля. В переходной зоне вклад континентального фактора возрастал в районах работ судов вблизи антарктических станций. В относительном составе аэрозоля снизился вклад ионов Na^+ и Cl^- , возросла роль ионов NH_4^+ и SO_4^{2-} . Соответственно повышены коэффициенты обогащения частиц калием, сульфатами и кальцием в аэрозоле вблизи станций. На станции Молодежная отмечено значительное влияние континентальных источников на начальном (02-18.01.13) и финальном этапах измерений (11-18.02.13). В эти периоды поступление воздушных масс происходило из внутренних районов Антарктиды, либо с ее прибрежных территорий. Количественные характеристики ионов снизились, но также возросли коэффициенты обогащения частиц сульфатами, кальцием и калием.

Важную роль в формировании химического состава аэрозоля играют растворенные микроэлементы. Их концентрации в составе аэрозоля характеризовались широким разнообразием и большим диапазоном вариаций величин, достигающим четырех-пяти порядков. Сумма концентраций микроэлементов изменялась от 3 до 41 ng/m^3 в переходной зоне и от 3 до 57 ng/m^3 на станции Молодежной. Наиболее высокие концентрации определены для Fe, Zn, Ba и Cu. Элементы этой группы составляют около 70-80% от суммы всех микроэлементов. Вторую группу, соизмеримую по концентрациям, представили Cr, Sr, Al, Ni, Cd, Mn, Pb. Из них Cr, Sr, Al чаще поступают от естественных источников. Такие элементы как Ni, Cd, Mn, Pb имеют антропогенное происхождение. Из этой группы доля антропогенных элементов в переходной зоне составила 3,5%, на станции – 7,5%. Рассчитанные факторы обогащения аэрозольных частиц показали, что наиболее высокие коэффициенты, как в переходной зоне, так и на станции выявлены для одних и тех же элементов. Очевидно, что следует учитывать эмиссию примесей в полярную атмосферу не только при дальнем транспорте веществ, морских биогенных выбросов, но и от локальных выбросов источников, располагающихся на антарктическом континенте.

Работа выполнена при поддержке Программы ОНЗ-12 и проекта НЦНИЛ_a.

Голобокова Л.П., Филиппова У.Г., Чипанина Е.В., Полькин В.В., Терпугова С.А., Тихомиров А.Б. Химический состав приводного аэрозоля в районе Антарктиды // Лед и снег, 2011. №4. С. 105-111.

GEOCHRONOLOGY OF THE PUDOST' PALEOLAKE WATER REGIME (THE IZHORA PLATEAU, LENINGRAD PROVINCE) ON THE BASE OF RADIOISOTOPE STUDY OF IZHORA CARBONATE FORMATIONS

**Grigoriev V.A.¹, Maksimov F.E.¹, Nikitin M.Yu.², Kuznetsov V.Yu.¹,
Levchenko S.B.¹, Petrov A.Yu.¹, Tabuns E.V.¹, Kuksa K.A.¹**

¹St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

²A.I. Herzen Russian State Pedagogical University, Saint-Petersburg, Russia
vasily.grigoriev@gmail.com

Travertines are the freshwater carbonate formations which are found relatively often in the Quaternary continental sediments. These objects have a continuous and consecutive character of accumulation over long time intervals. The mechanism of their formation is caused by carbon dioxide unloading of groundwater. Obviously, these objects are valuable sources of information about environmental changes in the past including paleohydrologic and palaeoclimatic variations.

The Izhora plateau (Leningrad province) is one of the areas of dissemination of coldwater travertine deposits. The Pudost' Site is the best known Lower-Middle Holocene travertine sequence within the region.

The object under study is a lake travertine layer disclosed by river erosion and quarry excavations in XVIII – XX centuries. The travertine layer has 2.5 km length and 300 m width and maximal thickness of up to 7.6 m. The object was studied palynologically in 60-s of XX century by T.D Bartosh. She concluded that these carbonate sediments had been accumulated over the Boreal-Atlantic Holocene stages

[1]. Additional lithological, petrographic and malakofaunistic studies indicate the existence at that time shallow and periodically dried lake with a weakly running water [2].

The main goal of our investigations was comprehensive geochronological study of travertine sequence from the Pudost' Site. We could not apply ^{14}C dating of freshwater carbonates due to contamination of subsurface water by "dead" radiocarbon from pre-Quaternary carbonates underlying the travertine layer [3]. Therefore, the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating method was used.

The U and Th specific activities in the samples of travertine layer (total thickness was 2 m) were determined applying radiochemical technique described in [4].

We have obtained eight $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dates ranging from 6.8 ± 0.4 Kyr to 9.2 ± 0.4 Kyr according to chronostratigraphic sequence from the top to the bottom of travertine layer (Table 1). The data obtained show linear dependence between ages and depth of sublayers/samples. This testifies that carbonate accumulation rate ca. 65-85 cm/Kyr were more or less constant during aging. The lack of lithologic differences along the travertine profile confirms this conclusion. The linear sedimentation model shows that processes of carbonate accumulation started in the ancient lake ca. 9.4 Kyr ago and finished ca. 6.3 Kyr. The same period covers the time of ancient lake existence. It may be noted that decreasing of U specific activity from the bottom to the top of travertine layer can testify gradually reducing of underground waters supply into the lake during the estimated time period.

Table 1. Results of radioisotopic investigations and $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -ages of travertines from The Pudost' Site.

LUU №	Depth, cm	^{238}U dpm/g	^{234}U dpm/g	^{230}Th dpm/g	^{232}Th dpm/g	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	Age, kyr
541	0-10	0.7970 ± 0.0362	1.1339 ± 0.0462	0.0691 ± 0.0033	n.d.	0.0609 ± 0.0038	1.4227 ± 0.0672	6.8 ± 0.4
542	40-50	0.8579 ± 0.0463	1.2110 ± 0.0590	0.0771 ± 0.0039	n.d.	0.0637 ± 0.0045	1.4116 ± 0.0783	7.1 ± 0.5
523	90-100	0.8838 ± 0.0320	1.2243 ± 0.0410	0.0809 ± 0.0042	n.d.	0.0661 ± 0.0041	1.3853 ± 0.0473	7.4 ± 0.5
520	90-100	0.9408 ± 0.0292	1.3226 ± 0.0381	0.0879 ± 0.0036	n.d.	0.0665 ± 0.0033	1.4058 ± 0.0399	7.4 ± 0.4
868	150-160	1.5359 ± 0.0545	2.0996 ± 0.0692	0.1517 ± 0.0073	n.d.	0.0722 ± 0.0042	1.3670 ± 0.0453	8.1 ± 0.5
867	160-170	1.4947 ± 0.0779	2.1377 ± 0.1019	0.1667 ± 0.0070	n.d.	0.0780 ± 0.0049	1.4302 ± 0.0716	8.8 ± 0.6
866	170-180	1.5911 ± 0.0481	2.2652 ± 0.0633	0.1803 ± 0.0076	n.d.	0.0796 ± 0.0040	1.4237 ± 0.0393	9.0 ± 0.5
864*	190-200	1.6536 ± 0.0476	2.4734 ± 0.0649	0.2014 ± 0.0063	n.d.	0.0814 ± 0.0033	1.4958 ± 0.0583	9.2 ± 0.4

This work was supported by the Russian Foundation of Basic Researches, grants No. 14-05-31448 and No. 13-05-00854.

References

1. Bartosh T.D. 1962. Golocenovy presnovodnye izvestkovye otlozhenija Leningradskoj oblasti. V kn.: Voprosy chetvertichnoj geologii, vyp.1. Riga: Zinatne, s.175-193.
2. Nikitin M.Yu., Medvedeva A.A. 2011. O presnovodnyh travertinopodobnyh karbonatah Izhorskogo plato kak estestvennyh markerah strukturnykh dislokacij // Kvarter vo vsem mnogoobrazii. Fundamental'nye problemy, itogi izuchenija i osnovnye napravlenija dal'nejshih issledovanij. Materialy VII Vserossijskogo soveshhanija po izucheniju chetvertichnogo perioda (g. Apatity, 12—17 sentjabrja 2011 g.). T.2 / Otv. red. O.P.Korsakova i V.V.Kol'ka. Apatity. SPb. 110—113.
3. Nikitin M.Yu., Medvedeva A.A. Maksimov F.E. Kuznetsov V.Yu. Zherebcov I.E. Levchenko S.B. Baranova N.G. 2011. Genesis i geologicheskij vozrast travertinopodobnyh karbonatov Pudost'skogo massiva. Nauchno-teoreticheskij zhurnal «Obshhestvo. Sreda. Razvitie». SPb., CNIT «Asterion». 290 s.
4. Maksimov F.E., Kuznetsov V.Yu. 2010. Novaja versija $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -datirovanija verhne- i sredneneoplejstocenovykh otlozhenij. Vestnik SPBGU. 7(4). 94-107.

ГЕОХРОНОЛОГИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПУДОСТСКОГО ПАЛЕООЗЕРА (ИЖОРСКОЕ ПЛАТО, ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПО ДАННЫМ РАДИОИЗОТОПНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИЖОРСКИХ КАРБОНАТНЫХ ФОРМАЦИЙ.

Григорьев В.А.¹, Максимов Ф.Е.¹, Никитин М.Ю.², Левченко С.Б.¹, Петров А.Ю.¹, Табунс Э.В.¹, Кукса К.А.¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
г. Санкт-Петербург, Россия

vasily.grigoriev@gmail.com

Травертины – пресноводные карбонатные формации – сравнительно часто встречаются в континентальных четвертичных отложениях. Непрерывный и послойный характер их накопления в течение длительных временных интервалов, а также механизм образования, обусловленный разгрузкой углекислых подземных вод, делает эти объекты ценным источником информации об изменениях природной среды в прошлом, в том числе палеогеологических и палеоклиматических условий.

Одним из участков распространения месторождений холодноводных травертинов является Ижорское плато (Ленинградская область). «Пудость» - самый известный в классе подобных объектов разрез нижнего – среднего голоцена, находящийся на данной территории.

Объект представляет собой тело озёрных травертинов, вскрытое речной эрозией и карьерными выработками XVIII – XX веков. Линейные размеры формации составляют 2,5 километра на 300 метров, при максимальной мощности до 7,6 метров. В 60-х годах XX века объект палинологически исследовался Т.Д. Бартош, которой был сделан вывод о накоплении этих известковых отложений в течение отрезка бореальной – атлантической стадий голоцена [1]. Дополнительные литологические, петрографические и малакофаунистические исследования свидетельствуют о существовании в этот период мелководного, периодически пересыхающего, малопроточного озера [2].

Нашей целью являлось комплексное геохронометрическое изучение травертиновой толщи из разреза «Пудость». Для этого нами был выбран и применен уран-ториевый метод датирования, так как хорошо известно, что использование радиоуглеродного метода для пресноводных карбонатов зачастую ограничено, вследствие загрязнения источниковых вод «древним» углеродом из дочетвертичных карбонатов, который может существенно увеличивать расчётный возраст [3].

Количественное определение удельных активностей изотопов урана и тория в образцах монолита пудостского травертина мощностью 2 м производилось с использованием радиохимической методики [4].

Получено восемь прямых датировок располагающихся в хроностратиграфической последовательности в интервале от $9,2 \pm 0,4$ до $6,8 \pm 0,4$ тыс. лет (таб. 1).

Эти данные выявляют линейную зависимость между датировками и глубиной залегания образцов, что может свидетельствовать о близкой скорости осадконакопления травертинов, равной примерно 65 - 85 см/тыс. лет. Отсутствие литологических отличий по вертикальному профилю травертиновой толщи подтверждает этот вывод. Линейная модель позволила установить, что озерное карбонатонакопления в месторождении «Пудость» началось примерно 9,4 тыс. лет назад и закончилась около 6,3 тыс. лет назад. Этими же временными рамками ограничивается и время существования древнего озера.

Кроме того понижение активности изотопов урана снизу вверх может говорить о постепенном уменьшении родникового питания озера в течение установленного периода.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 14-05-31448 и 13-05-00854.

Таблица 1. Результаты радиоизотопного исследования и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -возраст травертинов из разреза «Пудость».

ЛУУ №	Глуб см	²³⁸ U расп. в мин. на г.	²³⁴ U расп. в мин. на г.	²³⁰ Th расп. в мин. на г.	²³² Th расп. в мин. на г.	²³⁰ Th/ ²³⁴ U	²³⁴ U/ ²³⁸ U	Возраст тыс.лет.
541	0-10	0.7970± ±0.0362	1.1339± ±0.0462	0.0691± ±0.0033	н.о.	0.0609± ±0.0038	1.4227± ±0.0672	6.8±0.4
542	40-50	0.8579± ±0.0463	1.2110± ±0.0590	0.0771± ±0.0039	н.о.	0.0637± ±0.0045	1.4116± ±0.0783	7.1±0.5
523	90-100	0.8838± ±0.0320	1.2243± ±0.0410	0.0809± ±0.0042	н.о.	0.0661± ±0.0041	1.3853± ±0.0473	7.4±0.5
520	90-100	0.9408± ±0.0292	1.3226± ±0.0381	0.0879± ±0.0036	н.о.	0.0665± ±0.0033	1.4058± ±0.0399	7.4±0.4
868	150-160	1.5359± ±0.0545	2.0996± ±0.0692	0.1517± ±0.0073	н.о.	0.0722± ±0.0042	1.3670± ±0.0453	8.1±0.5
867	160-170	1.4947± ±0.0779	2.1377± ±0.1019	0.1667± ±0.0070	н.о.	0.0780± ±0.0049	1.4302± ±0.0716	8.8±0.6
866	170-180	1.5911± ±0.0481	2.2652± ±0.0633	0.1803± ±0.0076	н.о.	0.0796± ±0.0040	1.4237± ±0.0393	9.0±0.5
864*	190-200	1.6536± ±0.0476	2.4734± ±0.0649	0.2014± ±0.0063	н.о.	0.0814± ±0.0033	1.4958± ±0.0583	9.2±0.4

Литература

1. Бартош Т.Д. 1962. Голоценовые пресноводные известковые отложения Ленинградской области. В кн.: Вопросы четвертичной геологии, вып.1. Рига: Зинатне.175-193.
2. Никитин М.Ю., Медведева А.А. 2011. О пресноводных травертиноподобных карбонатах Ижорского плато как естественных маркерах структурных дислокаций // Квартер во всем многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода (г. Апатиты, 12—17 сентября 2011 г.). Т.2 / Отв. ред. О.П.Корсакова и В.В.Колька. Апатиты; СПб. 110—113.
3. Никитин М.Ю., Медведева А.А. Максимов Ф.Е. Кузнецов В.Ю. Жеребцов И.Е. Левченко С.Б. Баранова Н.Г. 2011. Генезис и геологический возраст травертиноподобных карбонатов Пудостского массива. Научно-теоретический журнал «Общество. Среда. Развитие». С-Пб., ЦНИТ «Астерион». 290 с.
4. Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю. 2010. Новая версия ²³⁰Th/U-датирования верхне- и среднеплейстоценовых отложений. Вестник СПбГУ.7(4). 94-107.

ENVIRONMENTAL ROLE OF METHANE SEEPS IN THE BLACK SEA

Gulin S.B., Egorov V.N., Artemov Yu.G., Malakhova T.V.

The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russia
s.b.gulin@yandex.ru

Since the discovery in 1989 of the first gas seeps in the Black Sea (Polikarpov et al., 1989) nearly 3300 of such degassing structures have been registered up to the present time. Resulting from the combined hydroacoustical, microbiological, mineralogical, isotopic and gas-chemical research and underwater observations they were classified as the cold methane seeps, which extend over entire water depth in the Black Sea. The largest number of the seeps was found in areas of paleo-deltas and submarine canyons of the Dnepr (NW shelf edge), Danube (Viteaz Canyon), Don (in front of the Kerch Strait) and the Coruh River (SE Black Sea). It was shown that total flux of methane from all observed seeps is around $25 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{y}^{-1}$, of which nearly $4 \cdot 10^5 \text{ m}^3 \cdot \text{y}^{-1}$ reach the atmosphere, contributing to the global greenhouse effect.

Broad fields of carbonate buildups and reefs were found in areas of active gas seeps in the anoxic deep waters of the Black Sea, which are formed due to anaerobic microbial oxidation of the methane by consortium of archaea and sulfate-reducing bacteria. It was shown that age of these structures corresponds to the period when the permanent anoxic conditions have been established at the depths of their current observation. Analysis of isotopic composition of carbon of methane releasing form the seepages, as well as of carbonate material of the buildups and bicarbonates dissolved in seawater, has allowed to find out that substantial amount of the seeping CH₄ is deposited in the buildups and therefore does not enter the water column and atmosphere. Thus, the methane-derived carbonate buildups and reefs play important role of biogeochemical barrier reducing the contribution to the greenhouse effect of methane releasing from the Black Sea floor.

It has been also shown that methane seeps may cause significant input of mercury to the water column. The higher mercury concentration was found at almost all locations of the seepages within the

water depth range from 100 to 2000 m. This implies that there is an additional source of naturally occurring mercury in the Black Sea which has not been taken into account earlier in the balance of mercury in the Black Sea basin.

It was found that methane seeps in the Black Sea can generate upwelling due to the gas-lift effect leading to the upraise of the deep water enriched of nutrients, causing thereby a local eutrophication of the surface seawater. This may affect on thickness and density of the plankton backscattering layers and the thermocline in surrounding water column.

Under normal conditions, the cold seeps do not cause environmental hazards. But in case of geological and seismic cataclysms, and due to a use of inadequate technologies of gas production, a catastrophic gas emission from the Black Sea floor is quite possible, that could affect, for instance, on safety of navigation.

References

Polikarpov G.G., Egorov V.N. et al. 1989. Phenomenon of active gas escape from the bottom in the north-western area of the Black-sea. Proc. of Acad. of Sci. of UkSSR. 12. 13-16 (in Russian)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ МЕТАНОВЫХ СИПОВ В ЧЕРНОМ МОРЕ

Гулин С.Б., Егоров В.Н., Артемов Ю.Г., Малахова Т.В.

Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,

Севастополь, Россия

s.b.gulin@yandex.ru

С момента обнаружения в 1989 г. первых струйных выходов газа из дна Черного моря (Поликарпов и др., 1989) к настоящему времени зарегистрировано около 3300 этих газовыделяющих структур. В результате комплексных гидроакустических, микробиологических, минералогических, изотопных и газохимических исследований, а также подводных наблюдений, они были классифицированы как холодные метановые сипы, распространенные практически во всем диапазоне глубин Черного моря. При этом наибольшие скопления газовой выделений обнаружены в районе палео-дельт и подводных каньонов Днепра (кромка северо-западного шельфа), Дуная (каньон Витязь), Дона (прикерченский район) и реки Чорох (юго-восточная часть моря). Показано, что суммарный поток метана из всех обнаруженных сипов составляет около $25 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$, из которых примерно $4 \cdot 10^5 \text{ м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$ достигает атмосферы и вносит свой вклад в глобальный парниковый эффект.

В районах активных газовой выделений, расположенных в сероводородной зоне Черного моря, найдены обширные поля карбонатных построек и рифов, образованных метанотрофными археями синтрофно с сульфатредуцирующими бактериями. Показано, что возраст этих образований соответствует периоду, когда на глубине их нынешнего обнаружения сложились устойчивые анаэробные условия. Анализ изотопного состава углерода метана, выходящего из дна Черного моря, а также карбонатного материала построек и бикарбонатов, растворенных в морской воде, позволил установить, что значительное количество CH_4 , выходящего из донных отложений в аноксической зоне Черного моря, депонируется в составе таких построек и не поступает в водную толщу и атмосферу. Таким образом, карбонатные метаногенные постройки и рифы играют роль своеобразного биогеохимического барьера, уменьшающего вклад метана, поступающего из черноморских донных осадков, в парниковый эффект.

Показано, что метановым сипам сопутствует поступление ртути в водную среду из донных отложений Черного моря. Причем, ртутное загрязнение вод зарегистрировано практически на всех площадках струйных газовой выделений в пределах глубин от 100 до 2000 м. Это свидетельствует о том, что в Черном море имеется источник природного поступления ртути, который ранее не учитывался в балансовых расчетах при изучении биогеохимических закономерностей миграции ртути в морской среде.

Обнаружено, что метановые сипы в Черном море могут быть причиной образования микроапвеллингов за счет газлифтового подъема глубинной воды, обогащенной биогенными элементами, вызывая тем самым своеобразный эффект локальной эвтрофикации поверхностного слоя водной толщи. Это может приводить к изменению конфигурации и плотности звуко рассеивающих слоев зоопланктона в термоклине прилегающей водной толщи.

Анализ показал, что в нормальных природных условиях холодные сипы не создают экологической опасности. В случае же геологических или сейсмических катаклизмов, а также при использовании неадекватных технологий газодобычи, возможны катастрофические выбросы газа, способные повлиять, например, на безопасность мореплавания.

Литература

Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н. и др. 1989. Явление активного газовыделения из поднятий на свале глубин западной части Черного моря. ДАН УССР. 12. 13-16.

**POPULATION STRUCTURE OF ENDEMIC BAIKALIAN AMPHIPODS
EULIMNOGAMMARUS VERRUCOSUS AND *E. CYANEUS* AND
PALEARCTIC *GAMMAUS LACUSTRIS* ALONG THE WEST COAST OF
LAKE BAIKAL**

**Gurkov A.N.¹, Fernández Casas I.², Takhteev V.V.¹, Vereshchagina K.P.¹,
Madyarova E.V.¹, Luckenbach T.²**

¹Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig, Germany
a.n.gurkov@gmail.com

The purpose of this research was comparative study of population structure of 2 endemic Baikalian species of amphipods *Eulimnogammarus verrucosus* and *E. cyaneus* as well as of representative of Palearctic fauna *Gammarus lacustris* on base of Folmer fragment of the first subunit of cytochrome c oxidase (Folmer et al., 1994). Baikalian animals were collected mostly on the West coast of Lake Baikal; representatives of *G. lacustris* were caught in small ponds nearby the West coast of Baikal. Samples of *E. verrucosus* were collected in 20 points of coastal zone of Lake Baikal, samples of *E. cyaneus* were caught in 11 points, while *G. lacustris* was collected in 3 ponds nearby North, Central and South basins of Baikal. For the most sampling points fragments of the first subunit of the cytochrome oxidase of 600 b.p. for at least 10 animals were sequenced in at least 2 replica. During preliminary analysis phylogenetic networks of the obtained sequences were built in program SpitsTree4 (Huson, Germany).

Intraspecies variability of the sequences for *E. verrucosus* is unexpectedly high and reaches 14 % of the whole fragment, which is close to interspecies variability in genus *Eulimnogammarus*. The obtained haplotypes of *E. verrucosus* form 4 separate clusters with intracluster variability no more than 3% of the fragment and with great geographical linkage. Representatives of *E. verrucosus* inhabiting the West coast from Listvyanka to Severobaikalsk form one cluster, despite possibility to distinguish North, Central and South subclusters. This situation allows us to study mechanisms of adaptation in breeding populations, which inhabit gradient of climate conditions. Sampling points from port Baikal to Baikalsk form South cluster of *E. verrucosus*, while 2 points from the East coast of Lake Baikal: nearby Kluevka and on Svyatoy Nos peninsula – are far from the West and South clusters and each other. This fact can indicate presence of unknown barriers separating the species. It's worth to mention that inhabitants of Bolshoy Ushkaniy island falls to cluster from the West coast, despite proximity to Svyatoy Nos peninsula.

Intraspecies variability of the gene fragment for *E. cyaneus* and *G. lacustris* is relatively small and doesn't exceed 3%. As opposed to *E. verrucosus* and *G. lacustris* in case of *E. cyaneus* preliminary analysis doesn't show geographical linkage of haplotype clusters in built phylogenetic networks. These data are in agreement with original hypothesis that interpopulational differences for Palearctic *G. lacustris* should be higher than for Baikalian *E. cyaneus* due to isolation of lakes inhabited by *G. lacustris*. Also, in agreement to other researches, the obtained data in general confirm hypothesis about accelerated evolution of amphipods in Lake Baikal that requires additional calibration of the «molecular clock» for this taxonomical group.

This research was supported by grants of Russian Scientific Foundation (№ 14-14-00400), Ministry of Education and Science (№ 1354–2014/51), CRDF (№ FSCX-15-61168-0) and Russian Foundation for Basic Research (№ 14-04-00501 and № 15-04-06685).

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЭНДЕМИЧНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ВИДОВ АМФИПОД *EULIMNOGAMMARUS VERRUCOSUS* И *E. CYANEUS* И ПАЛЕАРКТИЧЕСКОГО *GAMMARUS LACUSTRIS* ВДОЛЬ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Гурков А.Н.¹, Фернандес-Касас И.², Тахтеев В.В.¹, Верещагина К.П.¹,
Мадьярова Е.В.¹, Люкенбах Т.²

¹НИИ биологии Иркутского государственного университета, Иркутск, Россия

²Центр экологических исследований имени Гельмгольца, Лейпциг, Германия

a.n.gurkov@gmail.com

Целью данного исследования было сравнительное изучение популяционной структуры двух эндемичных байкальских видов амфипод *Eulimnogammarus verrucosus* и *E. cyaneus*, а также представителя палеарктической фауны *Gammarus lacustris* на основе фолмеровского фрагмента гена первой субъединицы цитохромоксидазы. Представители данных видов были отловлены преимущественно на западном побережье озера Байкал, в случае *G. lacustris* животных отлавливали в небольших озёрах также вблизи западного побережья Байкала. Образцы *E. verrucosus* собирали в 20 участках прибрежной зоны озера Байкал, образцы *E. cyaneus* отлавливали в 11 точках сбора, представителей *G. lacustris* отлавливали в 3 озёрах вблизи Северной, Центральной и Южной котловин Байкала. Для большинства точек сбора всех трёх видов секвенированы фрагменты гена первой субъединицы цитохромоксидазы длиной около 600 пар оснований для не менее, чем 10 индивидуумов не менее чем в двух повторностях. Предварительный анализ полученных последовательностей включал построение филогенетических сетей для каждого вида в программе SplitsTree4 (Huson, Германия).

Внутривидовая изменчивость секвенированных последовательностей у *E. verrucosus* оказалась неожиданно высокой и достигает 14% всего фрагмента гена, что близко к межвидовой изменчивости в рамках рода *Eulimnogammarus*. Полученные результаты свидетельствуют о том, что расшифрованные гаплотипы представителей *E. verrucosus* формируют 4 отдельных кластера с внутренней изменчивостью не более 3% последовательности фрагмента гена и чёткой географической привязкой. Представители *E. verrucosus*, населяющие западное побережье озера Байкал от п. Листвянка и до г. Северобайкальск, принадлежат к одной филогенетической группе, несмотря на возможность выделить северный, центральный и южный подкластеры в рамках данной группы. Данная ситуация позволяет изучать механизмы адаптации у скрещивающихся популяций, обитающих в градиенте климатических условий. Точки сбора от порта Байкал и до г. Байкальск формируют южную филогенетическую группу *E. verrucosus*, в то время как две единственные точки сбора на восточном побережье Байкала в районе п. Клюека, находящегося южнее дельты р. Селенга, и на полуострове Святой Нос оказались далеки как от западной, так и от южной филогенетической групп, а также друг от друга. Это может говорить о возможном наличии неизвестных разделяющих барьеров на юге и на севере западного побережья озера Байкал. Важно отметить, что популяция о. Большой Ушканий также оказалась чрезвычайно близка к филогенетической группе западного побережья, несмотря на географическую близость к полуострову Святой Нос.

Внутривидовые изменчивости последовательностей фрагмента гена у *E. cyaneus* и *G. lacustris* оказались сравнительно низкими и не превышали 3%. В отличие от *E. verrucosus* и *G. lacustris*, в случае *E. cyaneus* предварительный анализ полученных данных не позволил выявить географическую привязку кластеров полученных гаплотипов в построенных филогенетических сетях. Данный факт согласуется с исходным предположением о том, что межпопуляционные различия для палеарктического *G. lacustris* должны оказаться выше, чем для байкальского *E. cyaneus*, благодаря изолированности водоёмов, населяемых *G. lacustris*.

В согласии с работами других авторов, полученные данные подтверждают гипотезу об ускоренной эволюции амфипод в озере Байкал, что обуславливает необходимость дополнительной калибровки «молекулярных часов» для данной таксономической группы.

Данное исследование было поддержано грантами РФФ № 14-14-00400, базовой части госзадания Минобрнауки № 1354–2014/51, CRDF № FSCX-15-61168-0, РФФИ № 14-04-00501 и № 15-04-06685.

EFFECT OF WATER DEPTH ON HYDRATION NUMBER OF METHANE HYDRATE

Hachikubo A.¹, Oota Y.¹, Shimizu Y.¹, Takeya S.², Sakagami H.¹, Minami H.¹, Yamashita S.¹, Takahashi N.¹, Shoji H.¹, Khlystov O.³, De Batist M.⁴

¹Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan

²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba Japan

³Limnological Institute, SB RAS, Irkutsk, Russia

⁴Renard Centre of Marine Geology, Ghent University, Ghent, Belgium
hachi@mail.kitami-it.ac.jp

Hydration number n of methane hydrate ($\text{CH}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) decides the amount of methane in an unit volume/weight of crystal. In the case of ideal full-occupation of hydrate cages, the value of hydration number is 5.75. However, researchers have reported that the hydration number is around 6, because small amount of empty cages decrease the free energy and stabilize the crystal. Natural gas hydrates have been retrieved from lake-bottom sediment at Lake Baikal, where the water depths ranged from 450m to 1400m, and their main gas component is methane. Hydration number may change under various pressure condition, but it has not been examined yet. In this study, we report the pressure effect on hydration number of synthetic methane hydrate and natural gas hydrate of Lake Baikal.

Methane hydrate was synthesized under the pressure range between 3 MPa to 20 MPa. Natural hydrate samples were retrieved at the southern Baikal basin (Malenky, Bolshoy, Peschanka P-2, and Goloustnoye G-1) and central Baikal basin (Kukuy K-1, K-2, K-8, K-9, K-10, and Novosibirsk). Raman spectroscopic measurements were made to assess the hydration numbers of samples. Raman spectra were obtained at 123 K in the range 2,800–3,000 cm^{-1} for the C–H stretching peaks of methane, and fitted using a Voigt function to obtain the integrated intensities of the two peaks corresponding to methane engaged in large and small cages. The cage occupancies and the hydration numbers were estimated from these peak intensities using a statistical thermodynamic model. Hydration number of synthetic methane hydrate decreased with pressure, from 6.05 (2.7 MPa) to 5.97 (20.9 MPa), and those of natural gas hydrate also decreased slightly with water depth.

ESTIMATE OF ANTHROPOGENIC SULFUR DEPOSITION IN JAPAN BY USING SULFUR ISOTOPIC RATIO

Inomata Y.¹, Yamashita N.¹, Saito T.¹, Ohizumi T.^{1,2}, Sase H.¹, Takahashi K.³, Kaneyasu Y.⁴, Funaki D.⁵, Iwasaki A.⁶, Nakagomi K.⁷, Shiroma T.⁶, Yamaguchi T.⁸

¹Asia Center for Air Pollution Research, Niigata, Japan

²Niigata Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences, Niigata, Japan

³Japan Environmental Sanitation Center, Kanagawa, Japan

⁴National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba, Ibaraki, Japan

⁵Shimane Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences, Matsue, Shimane, Japan

⁶Okinawa Prefectural Institute of Health and Environment, Nanjo-shi, Okinawa, Japan

⁷Nagano Environmental Conservation Research Institute, Nagano, Japan

⁸Environmental and Geological Research Department, Institute of Environmental Sciences, Hokkaido Research Organization, Sapporo, Hokkaido, Japan

inomata@acap.asia

Sulfate ions are one of the major species in the precipitation. It is well recognized that sulfur isotopic ratios: represented as the deviation from the reference substance) are useful to identify the sources because the $\delta^{34}\text{S}$ have source specific values. In order to investigate the spatial and temporal distribution of anthropogenic sulfur deposition and evaluate of contribution from transboundary transport from the Asian continent to Japan, we have measured $\delta^{34}\text{S}$ in precipitation by using Japanese monitoring sites for the Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET).

We collected precipitation samples at 12 sites (Rishiri, Tappi, Ochiishi, Sadoseki-misaki, Niigata-Maki, Kajikawa, Oki, Happo, Tokyo, Hedo, Ebino, Ogasawara) by using Japanese sampling network for EANET. The sampling interval was from 2 weeks to seasonal depending on the sampling schedule at each site. The precipitation samples for measuring sulfur isotopic ratios have been obtained since 2008, although the starting year of the measurement is different for each monitoring site. After samples were concentrated and filtered, sulfate ions were precipitated as BaSO_4 . The BaSO_4 samples were analyzed by stable isotope mass spectrometer (NCS2500, Conflo II, Delta-Plus; Thermo Co. Ltd.). Canyon Diablo

Troilite (CDT) is used as the reference materials. The correction of sea salt contribution for $\delta^{34}\text{S}$ ($\delta^{34}\text{S}_{\text{nss}}$: $\delta^{34}\text{S}$ of non-sea-salt sulfate) was conducted by using Na^+ concentrations and seawater ratio of sulfate to sodium. The data with sea salt contribution rate is more than 75 % were removed from data analysis due to the sea water contamination.

At the monitoring sites located in the coast of the Sea of Japan, temporal variations of $\delta^{34}\text{S}_{\text{nss}}$ are characterized by seasonal variation with high in winter and low in summer season. The $\delta^{34}\text{S}_{\text{nss}}$ in Rishiri and Oki in winter season are relatively higher than those in other sites (Sadoseki, Niigata-Maki, Kajikawa). These seasonal variations are also found in the Tokyo monitoring site. However, $\delta^{34}\text{S}_{\text{nss}}$ in Tokyo site are lower and has smaller seasonal variation in comparison with those at the coastal site of the Sea of Japan. At Happo monitoring site, $\delta^{34}\text{S}_{\text{nss}}$ are almost constant value (4-6 ‰) except for several samples. Considering that the higher values are observed in spring, the contribution from the yellow dust might be cause to increase of the $\delta^{34}\text{S}_{\text{nss}}$.

These seasonal variations and these differences at each monitoring site are associated with the difference of contribution of transboundary transport from the Asian Continent. Contribution of the transboundary transport from the Asian continent at each monitoring site will be shown in the presentation.

INTRASPECIFIC AND INTERSPECIFIC SEQUENCE VARIABILITY IN ITS rDNA REGION OF FRESHWATER SPONGES OF LAKE BAIKAL

Itskovich V.B.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

itskovich@mail.ru

Sponge (Porifera) systematics and phylogeny are complicated due to the limited number, and the low information content, of morphological features employed for taxonomy. Baikal sponges are represented by family Lubomirskiidae including 13 described species and family Spongillidae with 4 species inhabiting Lake Baikal. The ITS region is one of the most variable parts of the genome and is suitable for analyses of closely related species. The aim of this work is study of variability of ITS spacers of rDNA in freshwater sponges of two families – Lubomirskiidae and Spongillidae for estimating the utility of ITS sequences for barcoding of species and study of evolution of sponges in Lake Baikal.

Samples of Baikal sponges were collected at different sites of the North, Medium and East Baikal during expeditions in 1997-2014. Species identification was performed based on morphological analyses of skeleton and spicules using Axiovert light and Philips SEM 525M scanning electron microscopes. ITS1 and ITS2 spacers (~950bp) were amplified and sequenced for 34 samples of Lubomirskiidae and 28 samples of Spongillidae. Phylogenetic reconstructions obtained with maximum-likelihood (ML), and Bayesian inference (BI) had similar topologies.

Sequences of the samples identified by morphology as *Ephydatia muellery* formed a strongly supported monophyletic clade with the sequences of *E. muellery* samples from other location published in GenBank (ML 100%, BI 1.0). The monophyly of *S. lacustris* was also supported. The level of intraspecies variability of ITS1 and ITS2 spacers was 1.5% for *E. muelleri* and 0.6% for *S. lacustris*. Intraspecific polymorphisms were much lower than interspecific variability among the species of Spongillidae despite the fact that the analyzed samples were from a geographically distant locations. Our findings revealed that ITS1 and ITS2 sequences could be an appropriate tool for phylogenetic study and species identification of Spongillidae. The results of analyses of lubomirskiid samples are congruent to previous results and support the monophyly of Lubomirskiidae (ML, 100%; BI, 1.0). Relationships within the Lubomirskiidae remain largely unresolved. In the current analysis only a few nodes display notable support (i.e. bootstrap support > 70, posterior probabilities > 0.95), most of which indicate the nonmonophyly of the lubomirskiid genera *Baikalospongia* and *Lubomirskia* and also species *Baikalospongia intermedia*, *B. bacillifera*, *Lubomirskia baicalensis*, *L. fusifera*. This result may be associated with incomplete species divergence and indicated that species delimitation is difficult in the case of rapid species radiation within Lubomirskiidae.

This work was performed in the frame of Government Contract no. VI.50.1.4 “Molecular ecology and evolution of the life systems in Central Asia based on the models of fishes, sponges and associated microorganisms” and partially supported by RFBR grant № 14-04-00838A.

ВНУТРИВИДОВАЯ И МЕЖВИДОВАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ITS СПЕЙСЕРНОГО РЕГИОНА рДНК ПРЕСНОВОДНЫХ ГУБОК ОЗЕРА БАЙКАЛ

Ицкович В.Б.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
itskovich@mail.ru

Систематика и филогения губок (Porifera) затруднена из-за ограниченного количества и низкой информативности используемых морфологических признаков. Байкальские губки представлены семейством Lubomirskiidae включающим 13 описанных видов и семейством Spongillidae с 4 видами населяющими озеро Байкал. ITS регион рДНК является одним из наиболее переменных частей генома и пригоден для анализа близкородственных видов. Целью работы было изучение изменчивости ITS спейсеров рДНК у пресноводных губок двух семейств, Lubomirskiidae и Spongillidae, для оценки пригодности ITS последовательностей для ДНК-баркодинга и изучения эволюции губок в озере Байкал.

Образцы байкальских губок были собраны в различных точках Южного, Среднего и Северного Байкала в ходе экспедиций 1997–2014 гг. Видовая идентификация образцов была проведена на основе морфологического анализа скелета и спикул с использованием светового микроскопа Axiovert и сканирующего электронного микроскопа Philips SEM 525M. ITS1 и ITS2 спейсеры (~950 п.о.) были амплифицированы и секвенированы у 34 образцов Lubomirskiidae и 28 образцов Spongillidae. Филогенетические деревья полученные методами Maximum-likelihood (ML) и Bayesian inference (BI) имели сходную топологию. Последовательности образцов идентифицированных согласно морфологии как *Ephydatia muellery* образуют строго поддерживаемую монофилетическую кладу с последовательностями образцов *E. muellery* из других мест опубликованных в GenBank (ML 100%, BI 1.0). Монофилия вида *Spongilla lacustris* также поддерживается. Уровень внутривидовой изменчивости ITS1 и ITS2 спейсеров составил 1,5% для *E. muelleri* и 0,6% для *S. lacustris*. Внутривидовой полиморфизм был значительно ниже межвидовой изменчивости у видов Spongillidae несмотря на факт, что проанализированные образцы были из географически удаленных точек. Результаты показывают, что последовательности ITS1 и ITS2 являются подходящим инструментом для анализа филогении и видовой идентификации Spongillidae. Результаты анализа образцов любомирскиид соответствуют ранее полученным результатам и поддерживают монофилию Lubomirskiidae (ML, 100%; BI, 1.0). Филогенетические отношения внутри Lubomirskiidae большей частью неразрешены. Имеется несколько поддерживаемых клад (i.e. bootstrap support > 70, posterior probabilities > 0,95), большинство из которых указывает на отсутствие монофилии родов *Baikalospongia* и *Lubomirskia*, а также видов *Baikalospongia intermedia*, *B. bacillifera*, *Lubomirskia baicalensis*, *L. fusifera*. Полученные результаты могут быть связаны с неполной дивергенцией видов и показывают трудности в определении видовых границ в случае быстрой видовой радиации внутри Lubomirskiidae.

Работа выполнена в рамках государственного задания VI.50.1.4. «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии на примере рыб, губок и ассоциированной с ними микрофлоры» при частичной финансовой поддержке проекта РФФИ № 14-04-00838А.

HEAT SHOCK PROTEIN (HSP70) EXPRESSION IN BAIKAL ENDEMIC SPONGE *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS* EXPOSED TO ELEVATED TEMPERATURES

Itskovich V.B.¹, Shigarova A.M.², Glyzina O.Y.¹, Kaluzhnaya O.V.¹, Borovskii G.B.²

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia.

²Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
itskovich@mail.ru

In light of recent ecological changes of Lake Baikal ecosystem, quantifying the expression of stress inducible genes in water organisms is imperative to identify early biomarkers of stress. Sponges (Porifera) are an important component of marine and freshwater ecosystems and are sensitive bioindicators. Baikal endemic sponges (Lubomirskiidae) constitute the bulk of the benthos biomass of the lake. In this study we for the first time analyzed the effect of increasing temperatures on the dynamics of the HSP70 expression in the Baikal endemic sponge *Lubomirskia baicalensis* and sponge cells to determine the thermal optima limits of the species.

It was shown that after exposure at 9°C during two hours Hsp70 level in *Lubomirskia baicalensis* increased to protect against thermal stress. After 7 days incubation at 9°C HSP70 level increased to 150%

in comparison with the control. After exposure at 13°C a reduction in the content of HSP70 was detected. 13°C is apparently sublethal temperature for *Lubomirskia baicalensis* because after recovery at 4°C during 2-36 hours the level of Hsp70 in stressed sponges increased. In the course of the experiments it was for the first time shown that *Lubomirskia baicalensis* is stenothermal species with the thermal optima limits of 4-8 °C. Our results revealed that HSP70 level in Baikal sponges can be used as an early marker of environmental stress. Studies of HSP70 expression in bleached sponges and interspecies variability of stress response in Lubomirskiidae are in progress.

This work was performed under the state contract №VI.50.1.4 and supported by RFBR grants № 14-04-00838A, 14-44-04165p_sibir_a (together with the Government of the Irkutsk Region).

ЭКСПРЕССИЯ БТШ70 У БАЙКАЛЬСКОЙ ЭНДЕМИЧНОЙ ГУБКИ *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS* ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

**Ицкович В.Б.¹, Шигарова А.М.², Глызина О.Ю.¹, Калюжная О.В.¹,
Боровский Г.Б.²**

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия
itskovich@mail.ru

В свете последних экологических изменений экосистемы озера Байкал, оценка количественной экспрессии стресс индуцируемых генов водных организмов необходима, чтобы идентифицировать ранние биомаркеры стресса. Губки (Porifera) являются важным компонентом морских и пресноводных экосистем и считаются чувствительными биоиндикаторами. Байкальские эндемичные губки (*Lubomirskiidae*) составляют основную часть биомассы бентоса озера. В этом исследовании мы впервые проанализировали влияние повышенных температур на динамику экспрессии БТШ70 у байкальской эндемичной губки *Lubomirskia baicalensis* и клеток губки для определения границ температурного оптимума данного вида. Показано, что после воздействия температуры 9°C в течение двух часов количество БТШ70 у *Lubomirskia baicalensis* было увеличено вероятно для защиты от теплового стресса. После 7 дней инкубации при 9°C экспрессия БТШ70 увеличилась до 150% в сравнении с контролем. После выдержки при 13°C было обнаружено снижение содержания БТШ70. По-видимому, 13°C является сублетальной температурой для *Lubomirskia baicalensis*, поскольку после восстановления при 4°C в течение 2-36 часов уровень БТШ70 в стрессированных губках увеличивался. В ходе экспериментов было впервые показано, что *Lubomirskia baicalensis* является стенотермным холодолюбивым видом с температурным оптимумом 4-8 °C. Наши результаты показали, что количество БТШ70 в байкальских губок может быть использовано в качестве раннего маркера экологического стресса. Работа выполнена в рамках государственного задания VI.50.1.4. при частичной финансовой поддержке проектов РФФИ № 14-04-00838A, 14-44-04165p_сибирь_a (совместного с правительством Иркутской области).

COASTAL UPWELLING AND LARGE-SCALE INTERNAL WAVES IN LAKE LADOGA

Ivanova I.N., Samolyubov B.I.

Faculty of physics, Department of Physics of sea and land waters, Moscow, Russia,
samolyubov@phys.msu.ru, ivair@yandex.ru

Development of currents at upwelling in Lakes is not limited to deep water upwelling [1, 2]. In the presence of water movements of other nature the influence of upwelling leads to the formation of a system of currents, the forecast of development of which is possible only on the basis of taking into account of their interaction. Similar currents can significantly affect on the distribution of impurities in the lakes. The objectives of this work: revelation of regularities of development of currents at upwelling and the development of a mathematical model of such a system of currents. The analyzed results were obtained during the measurements of the parameters of the currents and of the water composition in the Volhov bay of Lake Ladoga in 2009-2013. Researches were carried out on surveys, crossings and term stations using probe RCM-9 (Aanderaa) and other measurement systems.

Distributions of water temperature and concentrations of suspended matter at the cross from the near-mouth zone of the river Volkhov in to the open Lake are typical for upwelling. Typical elements include a) the lifting of the transparent, cold lake waters upward the slope, b) the frontal form of isotherms.

Current velocity profile in a submerged jet of waters river Volkhov contains maximum at depths of 3-7 m. In the jet takes place its thickening and fading as it propagates.

Near the exit from the bay in the open Lake there is observed dominant current upward the bay in the near-bottom layer. In the first half of the series of soundings the waters of upwelling penetrate up to the surface. While decaying of upwelling the upper boundary of the layer of these upwelling waters approaches to the bottom. With increasing of the current velocity as in the zone of upwelling, and in the subsurface layer due (to the wind amplification) takes place the decrease of hydrodynamic stability and "breakthrough" of the waters from the near-bottom layer to surface. Quasi-periodic changes of the current velocity are stipulated by the development of internal waves.

The mathematical models of upwelling and jet were based on the equations of Reynolds. From them, after transformations according [3], a 1-dimensional dynamics equation was obtained that was solved using the expressions of the water surface slope from [5], of the drag coefficient at the boundary water-bottom and of the thicknesses of jet [4], of the height of the upwelling and of the jet trajectory found in this work. Input parameters of the model – the bottom slope, the initial velocity, the velocity of the wind and the water density distribution. Output parameters – the current velocity distribution, the height of maximum velocity of upwelling, the thickness of the jet and its trajectory. The measured values of the current velocity are in agreement with the theoretical ones.

Main results are as follows. 1. It was found that in the near- bottom layer prevailed upwelling as the flow of cold water towards to the upper part of the bay. 2. It was shown that the upwelling provided purification of the waters in the bay by moderate winds. 3. It was established that the upwelling lead to blocking of the submerged jet of the river waters, to the rising and to the thickening of the jet with an increase of the velocity and of the height of the near-bottom current. 4. There was proposed the version of the mathematical model of the discovered system of currents.

This work was financially supported by RFBR (14-05-00822).

Referehces

1. Shimaraev M.N., Troitskaya E.S., V.V. Blinov, V.G. Ivanov, Gnatovskij R.Yu. 2012. To the question about Lake Baikal apvellings. Doklady Akademii Nauk. 442(5). 696-700.
2. Naumenko M.A., Avinskij V.A., Barbashova M.A. etc. 2000. State ecological condition of the Volhov Bay of Lake Ladoga. Environm. chemistry. 9(2).
3. Samolyubov B.I. 2007. Density Currents and Diffusion of Admixtures. M.: URSS.
4. Garvine R.W. 1971. Simple model of coastal upwelling dynamics // Journ. Phys. Oceanogr. 1.
5. Lorke A., Peeters F., Wuest A. 2005. Shear-induced convective mixing in bottom boundary layers on slopes. Limnol. Oceanogr. 50(5). 1612-1619.

ПРИБРЕЖНЫЙ АПВЕЛЛИНГ И КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ВНУТРЕННИЕ ВОЛНЫ В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ

Иванова И.Н., Самолюбов Б.И.

Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
samolyubov@phys.msu.ru, ivair@yandex.ru

Развитие течений при апвеллинге в озерах не ограничивается подъемом глубинных вод [1, 2]. При наличии движений вод иной природы влияние апвеллинга приводит к формированию системы течений, прогноз развития которых возможен лишь с учетом их взаимодействия. Подобные течения могут существенно влиять на распределения примесей в водоемах. Цели настоящей работы: выявление закономерностей развития течений при апвеллинге и разработка математической модели такой системы течений.

Анализируемые результаты получены в ходе измерений параметров течения и состава воды в Волховской губе Ладожского озера в 2009-2013 гг. Исследования на плановых съемках, разрезах и срочных станциях проводились с применением зонда RCM-9 (Aanderaa) и других измерителей.

Распределения температуры воды и концентраций взвеси на разрезе от устьевой зоны р. Волхов в открытое озеро типичны для апвеллинга. К характерным элементам относятся а) подъем прозрачных, холодных озерных вод по склону, б) фронтальная форма изотерм.

Профиль скорости течения в затопленной струе вод р. Волхов содержит максимум на глубинах 3-7 м. В струе имеет место ее утолщение и затухание по мере распространения.

Вблизи выхода из губы в открытое озеро наблюдается доминирующее течение к верховьям губы в придонном слое. В первой половине серии зондирований апвеллинговые воды проникают до поверхности. При ослаблении апвеллинга верхняя граница слоя этих вод приближается ко дну. При повышении скорости течения как в зоне апвеллинга, так и в приповерхностном слое за счет

усиления ветра происходит снижение гидродинамической устойчивости и «прорыв» вод из придонного слоя в приповерхностный. Квазипериодические изменения скорости течения связаны с развитием внутренних волн.

В математической модели апвеллинга и струи за основу взяты уравнения Рейнольдса. Из них, после преобразований [3], получается 1-мерное уравнение динамики, которое решается с применением выражений уклона поверхности воды из [5], коэффициента сопротивления на границе поток-дно и толщины струи из [4], высоты апвеллинга и траектории струи из данной работы. Входные параметры – уклон дна, начальная скорость, скорость ветра и распределение плотности. Выходные – распределение скорости, высота максимума скорости апвеллинга, толщина струи и ее траектория. Измеренные значения скоростей согласуются с теоретическими.

Основные результаты работы сводятся к следующим. 1. Обнаружено, что в придонном слое преобладал апвеллинг в виде холодного потока к верховьям залива. 2. Показано, что апвеллинг обеспечивал очищение вод губы при умеренном ветре. 3. Установлено, что апвеллинг приводил к блокировке затопленной струи речных вод, к подъему и к утолщению струи при росте скорости и высоты придонного потока. 4. Предложена версия математической модели обнаруженной системы течений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (14-05-00822).

Литература

1. Шимараев М.Н., Троицкая Е.С., Блинов В.В., Иванов В.Г., Гнатовский Р.Ю. 2012. К вопросу о апвеллингах в озере Байкал. ДАН. 442(5). 696-700.
2. Науменко М.А., Авинский В.А., Барбашова М.А. и др. 2000. Современное экологическое состояние Волховской губы Ладожского озера. Экол. химия. 9(2).
3. Самолюбов Б.И. 2007. Плотностные течения и диффузия примесей. М.: Изд. ЛКИ. (УРСС).
4. Garvine R.W. 1971. Simple model of coastal upwelling dynamics. Journ. Phys. Oceanogr. 1.
5. Lorke A., Peeters F., Wuest A. 2005. Shear-induced convective mixing in bottom boundary layers on slopes. Limnol. Oceanogr. 50(5). 1612-1619.

ABOUT THERMAL BAR IN BARGUZIN BAY

Ivanov V.G., Sherstyankin P.P.

Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, 664033, Russia

Water temperature was studied during summer warming period in 1932 and 1950-1954 [1], and such phenomenon as thermal bar was not mentioned. When new instruments and ideas of thermal barrier appeared, periodical surveys of Barguzin Bay and of some areas of Lake Baikal started in 2004. Let us consider thermal bar in Barguzin Bay on July 2, 2004. At the entry into the range between Krestovy and Nizhneye Izgolovye Capes, water temperature was ca. 3.7 °C at the distance of 3 km from the shore. At the exit from the range, the water with one warmed by thermal bar with temperature 7 °C and up to 7.5 km from the shore had temperature 3.9 °C and kept water temperature 3.8 °C up to the depth 140 m. At the middle part of section, under water layer of 10 m, there was deep water with temperature 3.5 °C. The observations from the Barguzin River mouth showed that the riverine waters with temperature 21 °C ingress into the bay deeper (with temperature 16.5 °C on the surface at the distance of 7 km (section end) and 5.5 °C by the isobath of 10 m). Major part of warmed waters moves to the right, northward along the shore, then it turns to the west (along the shore) and leaves Barguzin Bay as a wide jet at the distance of 7.5 km.

Some other questions will be considered, the studies are going on.

References

- Kozhov M.M. 1962. Biology of Lake Baikal. USSR AS Publishing House, Moscow. 174-176.

О ТЕРМИЧЕСКОМ БАРЕ В БАРГУЗИНСКОМ ЗАЛИВЕ

Иванов В.Г., Шерстянкин П.П.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, 664033, Россия

Температура воды изучалась в период прогрева летом 1932 и 1950-1954 гг. [1] и про такое явление как термобар не упоминалось. С появлением новой аппаратуры и идей термического барьера с 2004 г. стали делать периодические съемки Баргузинского залива и некоторых районов Байкала. Рассмотрим термобар в заливе Баргузинский 2 июля 2004 г. У входа в створ мыс Крестовый – мыс Нижнее Изголовье температура воды была порядка 3.7°C на расстоянии 3 км от берега. На выходе из створа воды с прогретой термобаром водой с температурой 7°C и до расстояния 7,5 км от берега имела температуру 3,9°C и сохраняла температуру 3.8°C воды до

глубины 140 м. На середине разреза под 10 метровой водой находилась глубинная вода с температурой 3.5°C. Наблюдения с устья реки Баргузин показали, что воды реки с температурой 21°C распространяются вглубь залива (с температурой 16,5°C по поверхности на расстоянии 7 км (конец разреза) и 5,5°C по изобате 10 м). Большая часть прогретых вод уходит вправо, на север вдоль берега, потом поворачивает на запад (вдоль берега) и широкой струей в 7,5 км выходит из Баргузинского залива.

Будет разобрана часть других вопросов, исследования продолжаются.

Литература

Кожов М.М. 1962. Биология озера Байкал. Изд. АН СССР, Москва. 316 с.

ABOUT SPRING AND AUTUMN THERMAL BARS AT THE SELENGA SHALLOW WATER OF LAKE BAIKAL

Ivanov V.G., Sherstyankin P.P., Sinyukovich V.N.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

ppsherst@lin.irk.ru

The Selenga River is the largest tributary of Lake Baikal, its fraction in the riverine drainage is almost half of the total drainage and is ca. 30 m³. The aim of the work was to obtain data on the Selenga River drainage at the Selenga shallow water during one year and to find out new data. Main conclusions are given below.

Let us consider the seasonal dynamics. In February – March, the water flow in Kharauz is minimal. There are some cascading of cold and denser waters [1, 2] at shallow waters; we analyze as well the link of cascading in winter, on February 29, 2004 and in autumn, on October 5, 2004 with the drainage of Kharauz channel.

In the end of May (May 27, 2004) thermal bar occurs: a warm jet with temperature 11-12°C in 1 km from the shore. The thermal bar is in 2.5 km from the shore. In 5-6 km, there is cold water with temperature 2°C. Near-bottom water incomes and warms the water.

The observations of August 4, 2004 show that there is near-shore dynamics of waters. Direct temperature stratification is everywhere. The jet of near-shore waters with temperature 18-7°C (at the distance of 2 km) moves northeastward along the shore; a cold jet with ingress of young waters to the surface with temperature 6°C in three or four kilometers from the shore moves northeastward.

The observations on October 5, 2004 show that the current with temperature (7.6-8.5) °C at the distance of 1.5 km is directed along the shore northeastward. Drainage current appeared, there were two cascading of cold and denser waters at distances of 4 and 6 km.

Computer dynamics of thermal bars development at shallow waters are calculated.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project no. 11-05-00438.

References

Cooper L.H.N., Vaux D. J. 1949. Mar. Biol. Assoc. 28. 719-750.

Fedorov K.N. 1976. Gidrometeoizdat, Leningrad, 184 p.

О ВЕСЕННЕМ И ОСЕННЕМ ТЕРМОБАРАХ НА СЕЛЕНГИНСКОМ МЕЛКОВОДЬЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ (В 2004 г.)

Иванов В.Г., Шерстянкин П.П., Синюкович В.Н.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

ppsherst@lin.irk.ru

Река Селенга является крупнейшим притоком озера Байкал, дает половину речного стока примерно 30 м³. Целью работы являлось получение данных о стоке реки Селенги на Селенгинском мелководье в течение года и получение новых данных. Основные выводы.

Рассмотрим сезонный ход. В феврале-марте месяце водоток в Хараузе минимален. Происходят ряд «обрушиваний» (cascading) холодных и более плотных вод [1, 2] на мелководье и анализируются связь «обрушиваний» зимой, 29.02.2004, и осенью, 05.10.2004, с стоком протоки Харауз.

В конце мая (27.05.2004) месяца работает термобар: теплая струя с температурой 11-12°C на 1 км от берега. Термобар расположен в 2.5 км от берега. В 5-6 км находится холодная вода в 20°C. Придонная вода поступает и прогревает воду.

Наблюдения 04.08.2004 показывают, что работает прибрежная динамика вод. Везде прямая стратификация температуры. Струя прибрежных вод с температурой 18-7°C (на двух км) движется

на северо-восток вдоль берега; холодная струя с выходом наверх холодных вод с температурой 6°C в трех-четыре км от берега движется на северо-восток.

Наблюдения 05.10.2004 показывают, что течение с температурой (7,6-8,5)°C на расстоянии 1,5 км направлено вдоль берега на северо-восток. Появилось стоковое течение и сделано два «обрушения» холодных и более плотных вод на 4 и 6 км.

Рассчитаны компьютерная динамика развития термобаров на мелководье.

Работа поддержана Российским Фондом Фундаментальных Исследований, проект № 11-05-00438.

Литература

Cooper L.H.N., Vaux D. 1949 J. Mar. Biol. Assoc. 28. 719-750.

Федоров К.Н. 1976. Гидрометеоздат, Ленинград, 184 с.

COMPOSITION AND DIVERSITY OF BAIKALIAN SPONGE MICROBIAL COMMUNITIES

Kaluzhnaya O.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

kaluzhnaya.oks@gmail.com

Sponges are an important component of the benthic fauna of the world's oceans, as well as many freshwater habitats. These animals are efficient filter feeders: the amount of water which the sponge pumps per day may 10 000 times exceed of its body volume (Weisz et al., 2008). Sponge microorganisms constitute about 35% of animal biomass, reaching in some species up to 70% (Taylor et al. 2007; Ribes et al., 2012). It is known that microorganisms can be alternative sources of energy and carbon for sponge community, as well as participate in fixation and nitrogen metabolism, protection against oxidative stress and production of antibiotics. Most current knowledge about the diversity of symbiotic communities of sponges based on the analysis of 16S rRNA genes, metagenomic and metatranscriptomic analyses.

In present work, using new generation sequencing (MiSeq, Illumina) were analyzed taxonomic diversity of the bacterial communities of the two samples of the endemic sponge *Baikalospongia intermedia* (IK503, IK506), as well as the surrounding water community.

For the community of *B. intermedia* IK503 were obtained 13631 sequences of 16S rRNA gene fragments (V3V4 region, about 400 bp); for *B. intermedia* IK506 – 12021 sequences, and for the water community – 9363 sequences. In the water and sponges communities a total of 17 bacterial phyla were found (Actinobacteria, Proteobacteria (classes Alpha-, Beta-, Gamma-, Delta-, Epsilonproteobacteria), Bacteroidetes, Firmicutes, Verrucomicrobia, Planctomyceta, Cyanobacteria, Acidobacteria, Chlorflexi, Nitrospirae, TM7, Fusobacteria, Gemmatimonadetes, Tenericutes, Chlamydiae, OD1 and Deinococcus-Thermus). Of these, in water microbiome were found 11 phyla, in sponge community *B. intermedia* IK503 – 13 phyla, and in community of *B. intermedia* IK506 – 12 phyla. The most numerous phyla in these microbiomes were Proteobacteria, Bacteroidetes, Actinobacteria and Cyanobacteria.

An important difference between microbiomes of two sponges and water was the dominance of Alphaproteobacteria (48% and 36.6%), which was 6-8 times higher than in water microbiome (6,2%). At the same time, in the water community representatives of Actinobacteria (23,8%) were significantly (3,5-5 times) prevailing those in the sponge communities (6,7% and 4,8%). In the water microbiome was also a higher content of Cyanobacteria (2-3 times), as well as Verrucomicrobia and Betaproteobacteria. Phylum Bacteroidetes in studied communities was quite numerous (29-33%), but the percentage differed significantly between the sponges and water microbiomes. In contrast to the sponge associations the water community contained the representatives of phyla Deinococcus-Thermus, but missed the phyla Tenericutes, Chlamydiae, OD1, TM7, Chloroflexi, Nitrospira. Among the bacteria associated with *B. intermedia* IK503 were found the phyla Tenericutes, Chlamydiae, OD1, at the same time the phyla TM7 and Chloroflexi were not identified. In the community of sponges *B. intermedia* IK506 the phyla Nitrospira, TM7 and Chloroflexi were unique, while bacteria belonging to Gemmatimonadetes, Deinococcus-Thermus, Tenericutes, Chlamydiae, OD1 were absent.

Thus, we have found differences in composition and ratio of microorganisms between the sponge microbiomes and surround aquatic environment. Also it was shown that microbiomes from different specimens of the same sponge species vary in ratio of major taxonomic groups, and in presence or absence of minor phyla.

The work carried out within the framework of state budget theme VI.50.1.4. "Molecular ecology and evolution of living systems of Central Asia as an example of fish, sponges and their

associated flora", and was supported by grant RFBR 04-14-527-a. Sequencing was performed on the basis of Genomics Core Facility ICBFM SB RAS.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И РАЗНООБРАЗИЯ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК

Калужная О.В.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

kaluzhnaya.oks@gmail.com

Губки являются важным компонентом бентосной фауны мирового океана, а также многих пресноводных мест обитания. Эти животные являются эффективными фильтраторами: объем воды, который губка прокачивает за день, может превышать объем ее тела в 10 000 раз (Weisz и др., 2008). Микроорганизмы губки в среднем составляют около 35% биомассы животного, достигая у некоторых видов 70% (Taylor и др., 2007; Ribes и др., 2012). Известно, что микроорганизмы могут являться для губки альтернативными источниками энергии и углерода, принимать участие в фиксации и метаболизме азота, защите от окислительного стресса и продукции антибиотиков. Большинство современных знаний о разнообразии симбиотических сообществ губок основывается на анализе генов 16S рРНК, а также комплексном анализе метагеномов и метатранскриптомов.

В настоящей работе с использованием современных методов секвенирования (MiSeq, Illumina) был проведен анализ таксономического разнообразия бактериальных сообществ двух образцов эндемичной губки *Baikalospongia intermedia* (IK503, IK506), а также окружающего губки водного сообщества. В результате секвенирования V3V4 участка 16S рРНК для образца *B. intermedia* IK503 была получена 13631 последовательность фрагмента 16S рРНК размером около 400 п.н., для сообщества *B. intermedia* IK506 – 12021, и для водного сообщества – 9363 последовательности. В воде и микробных сообществах губок в общей сложности обнаружено 17 бактериальных фил (Actinobacteria, Proteobacteria (классы Alpha-, Beta-, Gamma-, Delta-, Epsilonproteobacteria), Bacteroidetes, Firmicutes, Verrucomicrobia, Planctomyceta, Cyanobacteria, Acidobacteria, Chlorflexi, Nitrospirae, TM7, Fusobacteria, Gemmatimonadetes, Tenericutes, Chlamydiae, OD1 и Deinococcus-Thermus). Из них в водном микробиоме было выявлено 11 фил, 13 фил – в сообществе губки IK503 и 12 фил – в сообществе губки IK506. Среди наиболее многочисленных фил в отмечены представители Proteobacteria, Bacteroidetes, Actinobacteria и Cyanobacteria.

Важным отличием микробиомов губок от водного сообщества явилось доминирование представителей Alphaproteobacteria (48% и 36,6%), что в 6-8 раз превышало долю этих бактерий в водном микробиоме (6,2%). В тоже время в планктонном сообществе значительно (в 3,5-5 раз) преобладали представители Actinobacteria (23,8%), по сравнению с сообществами губок (6,7% и 4,8%) и Cyanobacteria (в 2-3 раза), а также Verrucomicrobia и Betaproteobacteria. Фила Bacteroidetes в трех исследованных сообществах являлась довольно представительной (29-33%), однако в процентном соотношении незначительно различалась между микробиомами губок и воды. В отличие от сообществ губок, в водном сообществе дополнительно обнаружена фила Deinococcus-Thermus, при этом отсутствуют филы Tenericutes, Chlamydiae, OD1, TM7, Chloroflexi, Nitrospira. Среди бактерий, ассоциированных с губкой IK503, были отмечены представители Tenericutes, Chlamydiae, OD1, тогда как филы TM7 и Chloroflexi выявлены не были. В сообществе губки IK506 уникальными являлись бактерии, относящиеся к филам Nitrospira, TM7 и Chloroflexi и отсутствовали представители Gemmatimonadetes, Deinococcus-Thermus, Tenericutes, Chlamydiae, OD1.

Таким образом, мы обнаружили, что состав и соотношение микроорганизмов в микробиомах губок имеет ряд характерных отличий от микробных сообществ окружающей водной среды, а также что разные особи, относящиеся к одному виду губок, различаются по соотношению основных таксономических групп и наличию или отсутствию минорных фил.

Работа проведена в рамках госбюджетной темы VI.50.1.4. «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии на примере рыб, губок и ассоциированной с ними микрофлоры» при поддержке гранта РФФИ 04-14-527-a. Секвенирование осуществлялась на базе ЦКП "Геномика" ИХБФМ СО РАН.

EVOLUTION OF BAIKAL AMPHIPODS AFFECTED BY CLIMATE OSCILLATIONS AND DEVELOPMENT OF THE BAIKAL RIFT

Kamaltynov R.M.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

rkamalt@lin.irk.ru

A large brackish water body appeared in Mongolia in the Late Mesozoic (Shuvalov, 1994; Zachos et al., 2001). Ancient Gammaridae penetrated into this water body from the ocean (remains of sharks and sea turtles were found). Salinity of the water body changed significantly (Shuvalov, 1994), thus resulting in the emergence of a freshwater Gammarus spreading in Siberia (Barnard, Barnard, 1983). At the end of the Cretaceous (Maastrichtian) with the subtropical climate (Yasamanov, 1985), the Baikal Rift (Logachev, 1974; Mats et al., 2001) formed with small lakes. A *Gammarus*-like ancestor of Baikal amphipods invaded the lakes.

Global cooling took place happened at the Maastrichtian-Danian boundary, a part of the Earth's biota died, and Archeo-Baikal lakes disappeared. Climate oscillations (cooling and warming) caused the increase of inbreeding coefficient in populations, thus accelerating fixation of mutations (Grant, 1991). An ancestor of Baikal amphipods inhabited the lakes. According to molecular data (Sherbakov, 2003), an ancestor of *Micruropus* emerged 63-64 million years ago (Mya) (Middle Danian). Macdonald et al. (2005) considered that *Carinogammarus* was older (Early Danian?). Their common ancestor was much older (Maastrichtian-Danian? 65.5 Mya?). The competition among populations of the common ancestor resulted in complementarity of their ecological niches (feeding, substrate). This caused the emergence of the two species (families).

Paleocene lakes were tens of meters deep (Popova et al., 1989). Interspecies competition affected the division of niches for the families according to depths: Micruropodide inhabited shallow waters, whereas Carinogammaridae occupied the depths. The first outbreak of speciation of Baikal amphipods occurred. Evolution processes resulted in the formation of novel races, subspecies, species, genera, subfamilies and families. Ancestors of deep-water Crypturopodida and probably shallow-water Baikalogammaridae emerged. An ancient (Paleocene?) group of Baikal amphipods formed.

In the Eocene, lakes were larger up to hundreds of meters deep (Popova et al., 1989). In the Early Eocene the climate was tropical (Yasamanov, 1985; Hay et al., 2002). Anaerobic conditions were recorded at depths of over 70-200 m like in the East-African rift Lake Tanganyika (Coulter, 1994). Deep-water amphipods occupied the layers above anaerobic depths. In cool refugia, they pre-adapted to future cooling. An ancestor of Macrohectopodidae is likely to have emerged at that time.

Global cooling started in the Middle Eocene (49 Mya). The glaciation had already existed on the Earth in the Oligocene (33-26 Mya) (Moran et al., 2006). Cooling caused oxygenation of maximal depths of the lakes. In the Late Oligocene, the climate was cold temperate in the pre-Baikal area: mean annual air temperature (minus 3-4°C; Vorobyova et al., 1995) was lower than at present: - 1.1 °C (Climate Reference Book of the USSR, 1966). Warming and cooling alternated during climate oscillations (Miller et al., 1987; Bartek et al., 1991). The lakes were aerated up to the bottom and covered with ice (Kamaltynov, 2001).

Persistent changes of the environment resulted in the emergence of an ancestor of the second group of amphipods (37-38 Mya). The ancestor's population was divided into a subpopulations occupying their refugia and different depths. New taxa formed from subpopulations. The main younger group of families of the Baikal amphipods appeared (Late Paleogene, Eocene – Oligocene?): Ommatogammaridae; Acanthogammaridae, Eulimnogammaridae, Pachyschesidae and Pallaseidae (Kamaltynov, 2001, 2010).

A split of habitats of thermophilic species occurred in the shallow area. A part of Micruropodidae retreated to the warm-water refugia – shallow bays. Deep-water families occupied cool free coastal and deep niches.

Hence, the families of Baikal amphipods formed in the Paleogene: a small ancient group in the Early Paleogene and the main (young) group in the Late Paleogene. The evolution of amphipods and formation of new taxa are going on up to the present under the effect of climate oscillations and development of the Baikal Rift.

ЭВОЛЮЦИЯ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОСЦИЛЛЯЦИЙ КЛИМАТА И РАЗВИТИЯ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА

Камалтынов Р.М.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
rkamalt@lin.irk.ru

В позднем мезозое в Монголии возник огромный солоноватоводный водоем (Шувалов, 1994; Zachos et al., 2001). Древние Gammaridae проникли в него из океана (обнаружены остатки акул и морских черепах). Соленость водоема сильно изменялась (Шувалов, 1994), что привело к появлению пресноводного гаммаруса, расселившегося в Сибири (Barnard, Barnard, 1983). В конце мела (маастрихт) при субтропическом климате (Ясаманов, 1985) начал формироваться Байкальский рифт (Логачев, 1974; Мац и др., 2001) с мелкими озерами. Озера заселил *Gammarus* – подобный предок байкальских амфипод.

На границе Маастрихт/Даний произошло глобальное похолодание и гибель части биоты Земли, а также археобайкальских озер. Осцилляции климата (похолодания и потепления), привели к увеличению коэффициента инбридинга в популяциях, что ускорило фиксацию мутаций (Грант, 1991). Появился предок байкальских амфипод, который заселил озера. По молекулярным данным (Щербаков, 2003) предок *Micruropus* появился 63-64 млн (середина дания). Указывают (Macdonald et al., 2005), что *Carinogammarus* был старше (начало Дания?). Их общий предок был еще древнее (Маастрихт/Даний? 65,5 млн?). Конкуренция между популяциями общего предка привела к комплементарности их экологических ниш (по питанию, грунту), что позволило появиться предкам двух указанных видов (семейств).

Глубины палеоценовых озер достигали десятков метров (Попова и др., 1989). Межвидовая конкуренция привела к разделению ниш семейств по глубине: *Micruropodidae* остались на мелководье, а *Carinogammaridae* – ушли на глубину. Произошла первая вспышка видообразования байкальских амфипод. Эволюционные процессы приводили к образованию новых рас, подвидов, видов, родов, подсемейств и семейств. Возникли предки глубоководных *Crypturopodida* и, возможно, мелководных *Baikalogammaridae*. Так возникла древняя (палеоценовая?) группа байкальских амфипод.

В эоцене озера стали крупными, глубиной до первых сотен метров (Попова и др., 1989). В раннем эоцене возник тропический климат (Ясаманов, 1985; Hay et al., 2002), при котором на глубинах более 70-200 м существуют анаэробные условия, как в Восточно-Африканском рифтовом озере Танганьика (Coulter, 1994). Глубоководные амфиподы обитали над анаэробными глубинами. В прохладных рефугиумах они преадаптировались к будущему похолоданию. Возможно, в это время возник предок *Macrohectopodidae*.

Глобальное похолодание началось в среднем эоцене (49 млн). В олигоцене (33-26 млн) на Земле уже существовало оледенение (Moran et al., 2006). Похолодание привело к насыщению кислородом максимальных глубин озер. В позднем олигоцене в районе пра-Байкала образовался холодный умеренный климат: среднегодовая температура воздуха (-3 – -4, Воробьева и др., 1995) была ниже, чем сейчас: -1,1°C (Справочник по климату СССР, 1966). При осцилляции климата чередовались потепления и похолодания (Miller et al., 1987; Bartek et al., 1991). Озера аэрировались до дна и покрывались льдом (Камалтынов, 2001).

Постоянные изменения внешней среды привели к появлению предка второй группы амфипод (37-38 млн). Популяция предка разделилась на субпопуляции по рефугиумам и на разных глубинах. Образовались новые таксоны, и появилась основная – более молодая группа семейств байкальских амфипод (позднепалеогеновых, (эоцен-олигоценых?)) – *Ommatogammaridae*; *Acanthogammaridae*, *Eulimnogammaridae*, *Pachyschesidae* и *Pallaseidae* (Камалтынов, 2001, 2010).

На мелководье произошел разрыв ареалов теплолюбивых видов. Часть *Micruropodidae* отступила в тепловодные рефугиумы – мелкие заливы. Глубоководные семейства заняли освобожденные прохладные прибрежные и глубоководные ниши.

Таким образом, семейства байкальских амфипод образовались в палеогене: древняя группа в раннем, а основная (молодая) – в позднем. Эволюция амфипод и образование новых таксонов продолжается донныне под воздействием осцилляций климата и развития Байкальского рифта.

SUBSURFACE SEDIMENT PORE WATERS CONTAINING HIGH CONCENTRATION OF IONS AT THE KUKUY CANYON IN LAKE BAIKAL

Kasashima R.¹, Minami H.¹, Hachikubo A.¹, Yamashita S.¹, Sakagami H.¹, Oshikiri N.¹, Sasaki K.¹, Takahashi N.¹, Shoji H.¹, Khlystov O.², Pogodaeva T.², Khabuev A.², Belousov O.², Naudts L.^{3,4}, De Batist M.⁴, Grachev M.²

¹Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan

²Limnological Institute, SB RAS, Irkutsk, Russia

³Operational Directorate Natural Environment, Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Ostend, Belgium

⁴Renard Centre of Marine Geology, Ghent University, Gent, Belgium
minamihr@mail.kitami-it.ac.jp

The Multi-Phase Gas Hydrate Project (MHP) is an international cooperative project to study shallow GHs in Lake Baikal, organized by Kitami Institute of Technology (KIT, Japan), Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (LIN, Russia), and Renard Centre of Marine Geology, Ghent University (RCMG, Belgium). Shallow GH accumulations in Lake Baikal have been discovered in subsurface sediments of the Malenky mud volcano (MV) in the southern basin (e.g., Klerkx et al. 2003; Matveeva et al. 2003), and then at 15 the other MV sites and 6 seep sites in the southern and central basins (e.g., Khlystov 2006; Khlystov et al. 2013) during various projects, including the MHP. In order to make clear mechanism of GH system at the subsurface of Baikal lake floor, one of the important strategies is to investigate and compare sediment pore water geochemistry between GH-bearing and GH-free sites. Granina et al. (e.g., Granina et al., 2001, 2007) and Pogodaeva et al. (e.g., Pogodaeva et al., 2007) reported anomalous high concentration of ions such as chloride ion in the pore waters at Frorika Bay area, south basin area and at the Malenky MV site. They discussed possible ascending waters from the depth. Minami et al. (2014) reported a possible ascending water, probably accompanied with gas such as hydrocarbon including methane, from the depth at the Kukuy K-9 MV based on the chemical and isotopic analyses of GH water as well as pore water samples. In this study, we measured chemical composition of pore waters from 131 sediment cores, including GH-bearing 24 cores and GH-free 107 cores (by visual observation) retrieved at Kukuy Canyon area. Those cores were retrieved using a steel gravity corer (3.5 m long) during VER-10-03 (MHP-10), VER-11-1 (MHP-11), VER-12-03 (MHP II-12) and VER-13-03 (MHP II-13) cruises of the *R/V G.U. Vereshchagin*, operated by LIN. Lithological description, sediment subsampling, and GH sampling from the core were completed on board the vessel immediately after the cores were retrieved. The pore water sampling was completed on board the R/V using a centrifuge. The chemical analyses of water samples were conducted at KIT and LIN. The fact that concentrations of chloride, sulfate and hydrogen carbonate ions increased with depth of the sediment cores suggest that pore waters containing high concentration of those ions exist below the cores. Those phenomena are observed at not only GH-bearing sites but also GH-free sites like reference/background sites. We will present discussion about the survey of horizontal distribution and possible interpretation of high concentration pore waters around the Kukuy canyon area.

GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF SEEP “KRASNY YAR” (SOUTH LAKE BAIKAL)

Khabuev A.V.¹, Khlystov O.M.¹, Belousov O.V.¹, Chenskiy D.A.², Soloviova M.A.³, Akhmanov G.G.³, Minami H.⁴, Hachikubo A.⁴, Sakagami H.⁴, Yamashita S.⁴

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

³Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁴New Energy Resources Research Center, Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan

In this paper we observed specific geological structure at methane seep sites in Lake Baikal and we established reason of anomalous data obtained by sidescan sonar survey. The anomalous backscatter we obtained may be caused by different reasons: authigenic carbonate; coarse-grained deposits (for example sand); near-surface gas hydrates (Orange D.L. et al., 2002; Holland C.W. et al., 2006; Klauke I. et al., 2006; Naudts L. et al., 2008). There are many such anomalous backscatter sites in Lake Baikal. However, morphology of relief differs from each other.

Three sites of high backscatter signal on mosaic of sidescan sonar data were found at northwest slope of Selenga river delta. One of them was in combination with “flare” on echo sounding data from gas (Granin N.G. et al., 2010). The size of three sites is 425x500, 200x880 and 210x460 meters, respectively,

and the total area is – 0.3 km². Gas chimney crosses through horizontal stratum of sediments in each of sites. During geological sampling 2012-2014 cruises we took cores with gas hydrate only inside anomalous backscatter sites. Those cores did not contain carbonates nor coarse-grained deposits. This fact allows us to conclude that anomalous backscatter was associated with near-surface gas hydrates in Lake Baikal.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИПА «КРАСНЫЙ ЯР» (ЮЖНАЯ КОТЛОВИНА ОЗЕРА БАЙКАЛ)

**Хабуев А.В.¹, Хлыстов О.М.¹, Белоусов О.В.¹, Ченский Д.А.², Соловьева М.А.³,
Ахманов Г.Г.³, Минами Х.⁴, Хачикубо А.⁴, Сакагами Х.⁴, Ямашита С.⁴**

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский Национальный Исследовательский Технический Университет,
Иркутск, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁴New Energy Resources Research Center, Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan
shock@lin.irk.ru

В работе рассмотрено геологическое строение участка дна озера Байкал с разгрузкой газа в пузырьковой форме (сип «Красный Яр») и установлена причина аномалий на сонограммах гидролокатора бокового обзора. Аномалии высокого значения при нормальной полярности (светлые пятна на темном фоне) в сигнале обратного рассеяния в морских условиях могут быть вызваны несколькими причинами: наличием аутигенных карбонатов; присутствием грубозернистого материала (например, песка); содержанием приповерхностных газовых гидратов в донных осадках (Orange D.L. et al., 2002; Holland C.W. et al., 2006; Klaucke I. et al., 2006; Naudts L. et al., 2008). На Байкале похожие аномалии встречались повсеместно, однако обусловлены они были, главным образом, морфологическими особенностями рельефа.

В ходе съемки дна с использованием гидролокатора бокового обзора и профилографа была получена мозаика западного склона авандельты р. Селенга в южной котловине озера Байкал. В районе, где ранее отмечались выходы газа в виде факела (Granin et al., 2010), на глубинах 740-780 м обнаружены 3 участка с высоким сигналом обратного рассеяния. Их линейные размеры составляли 425x500, 200x880 и 210x460 метров, а общая площадь – 0,3 км². На сейсмоакустическом разрезе к каждому из участков подходит вертикальный «газовый канал», секущий горизонтальные слои. При геологическом опробовании в 2012-2013 гг. были получены керны как с газовыми гидратами (внутри аномальных пятен), так и без них (за пределами данных участков). В кернах отсутствовали карбонаты и песчаные слои. Это позволило сделать вывод о том, что аномалии в сигнале обратного рассеяния связаны с наличием приповерхностных газовых гидратов в донных осадках озера Байкал и могут являться их геофизическим поисковым признаком при дальнейших работах.

GEOLOGICAL CHARACTERIZATION OF HYDRATE-BEARING STRUCTURES FROM THE ACCOMMODATION ZONE OF LAKE BAIKAL (AKADEMICHESKY RIDGE)

**Khlystov O.M.¹, Khabuev A.V.¹, Belousov O.V.¹, Minami H.², Hachikubo A.², Sakagami
H.², Yamashita S.², Vorobyova S.S.¹, Kalmychkov G.V.³, De Batist M.⁴, Naudts L.^{4,5}**

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²New Energy Resources Research Center, Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan

³Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, Irkutsk, Russia

⁴Renard Centre of Marine Geology (RCMG), Universiteit Gent, Belgium

⁵Royal Belgian Institute of Natural Sciences – Operational Directorate Natural
Environment (RBINS – OD Nature), Ostend, Belgium
oleg@lin.irk.ru

Accommodation zone of the Akademichesky Ridge in the form of an inter-fault arch was well studied in terms of its geological construction at the end of the last century within the framework of international research projects on paleoclimate and hydrodynamics in the area, including Baikal Drilling Project. The first discoveries of mud volcanoes and gas hydrates in Lake Baikal in the beginning of this century and the survey of the bottom using multibeam echosounder indicated new elements in the structure of this area.

Two new locations of mud volcanoes and seeps at depths ranging from 500 to 800 m were discovered. Each group forms a ridge of up to 1 km in width and 7-9 km in length. One of them starts from the Khoboy Cape, near Olkhon Island, and another – in the middle of the Akademichesky Ridge.

The ridges are located in the southeastern section of the Akademichesky Ridge above the transverse faults. The thickness of bottom sediments at these sites increases down the slope from 1 to 1.5 km. Seismic data of these ridges indicate saturation in gas. The cores with gas hydrates were obtained starting from a depth of 500 m at the traverse “Khoboy” and 650 m – at the traverse “AkademRidge”. Some of them contained the mud volcanic breccia; others had a regular cross-section and were located near the sites seeping gas in a form of bubbles. The analysis of the cores has shown that some mud volcanoes are buried being overlapped with Holocene layer of diatom remains. However, some sites revealed fresh mud volcanic flows suggesting the contemporary activity of several gryphons of a mud volcano. At intervals with mud volcanic breccia, we found ancient extinct species of diatoms. Biostratigraphic correlation with of the BDP borehole sections has shown that the clay material of the intervals could be lifted to the bottom surface from the depths of 280-300 m. Therefore, the roots of these mud volcanoes are located at these depths and originate from the sediments of the Late Miocene. Around the same intervals, the signs of free gas and BSR have been detected. It is a material evidence of the hypothesis about the relation of the roots of mud volcanism in Lake Baikal to the changes occurring on the border of BSR.

ГЕОЛОГИЯ ГИДРАТОНОСТНЫХ СТРУКТУР АККОМОДАЦИОННОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ (АКАДЕМИЧЕСКИЙ ХРЕБЕТ)

Хлыстов О.М.¹, Хабуев А.В.¹, Белоусов О.В.¹, Минами Х.², Хачикубо А.², Сакагами Х.², Ямашита С.², Воробьева С.С.¹, Калмычков Г.В.³, Де Батист М.⁴, Наудс Л.^{4,5}

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²New Energy Resources Research Center, Kitami Institute of Technology, Kitami Japan

³Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Российская Федерация

⁴Центр морской геологии им. Ренарда, Университет г. Гент, Бельгия

⁵Королевский бельгийский институт естественных наук, Управление окружающей среды, г. Остенде, Бельгия

oleg@lin.irk.ru

В конце прошлого столетия аккомодационная зона озера Байкал - межвпадина перемычка Академический хребет, была детально исследована в рамках международных программ изучения палеоклимата и геодинамики региона, включая проект «Байкал-бурение». С открытием на Байкале грязевых вулканов и газовых гидратов в начале этого столетия, а также съемки дна многолучевым эхолотом, выявлены новые элементы строения этого района озера.

На юго-восточном блоке Академического хребта, над поперечными разломами открыты два гидратоностных района с грязевыми вулканами и сипами на глубинах от 450 до 800 м. Каждая из групп образует гряды до 1 км шириной, 5 и 9 км длиной. Одна из гряд начинается от мыса Хобой вблизи о. Ольхон, вторая - в средней части Академического хребта. Мощность донных отложений этих районов увеличивается вниз по склону от 1 км до 1,5 км. По сейсмическим данным в районе гряд отмечается газонасыщение. Начиная с глубин 500 м на полигоне «Хобой» и 650 м на полигоне «АкадемХребет», получены керны с газовыми гидратами. Часть из них содержала грязевулканическую брекчию, часть имела обычный байкальский разрез и была расположена вблизи выхода газа в пузырьковой форме. Анализ кернов грязевых вулканов показал, что большинство из них являются погребенными грязевыми вулканами, так как слои с грязевулканической брекчией перекрыты голоценовым слоем отложений из остатков диатомовых водорослей. В отдельных местах обнаружена грязевулканическая брекчия на поверхности дна, что свидетельствует о современной активности нескольких грифонов грязевого вулкана. На интервалах с грязевулканической брекчией обнаружены скелеты древних вымерших видов диатомовых водорослей. Биостратиграфическая корреляция с разрезами скважин BDP показала, что грязевулканическая брекчия имеет возраст позднего миоцена и могла быть поднята на поверхность дна с поддонной глубины 280-300 м. Сейсмостратиграфические исследования показали, что сейсмические границы, соответствующие этим глубинам в точке скважины BDP-98, расположены на такой же поддонной глубине в зоне полигона «АкадемХребет». На этих же глубинах по сейсмическим данным отмечены признаки наличия свободного газа. Данное исследование вещественно подтверждают версию о связи корней грязевого вулканизма Байкала с изменениями на границе BSR.

SPATIAL AND TIME VARIABILITY OF OZONE IN ATMOSPHERE RECORDED AT MONITORING STATIONS IN THE BAIKAL REGION

Khuriganova O.I., Obolkin V.A., Potemkin V.L., Golobokova L.P., Khodzher T.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Khuriganowa@lin.irk.ru

Stratospheric ozone layer plays an important role for all living organisms on the Earth as it absorbs destructive UV solar radiation. However, tropospheric (surface) ozone is a pollutant that possesses toxic properties. Therefore, it was urgent to measure ozone concentrations in the surface atmosphere layer. Monitoring of ozone concentrations was performed at three stations in East Siberia: background, rural and urban. Diurnal, seasonal and annual variability of ozone and major factors of natural and anthropogenic origin affecting this variability were studied.

As a result of investigations, the annual trend of ozone concentrations was common for all three regions: maximum was recorded in spring and minimum in autumn. During all years of observations, average concentrations of ozone were similar at the rural and background stations, whereas those at the urban station were significantly lower (1.5-2 times lower).

Besides seasonal variability of ozone concentrations, synoptic oscillations were also recorded. Diurnal fluctuations were the biggest because of photochemical ozone generation under the effect of solar radiation. Ozone generation started with sunrise at radiation of about 200 w/m² and finished below this value in the evening after sunset. In this connection, ozone maximum was recorded in the evening hours but not at daytime. At night with the end of ozone photogeneration, its concentrations dropped due to oxidation processes in the atmosphere or to absorption by underlying surface. Ozone concentrations were also dependent on atmospheric circulation. Synchronous recording of ozone and atmospheric pressure at Station Listvyanka showed that besides diurnal oscillations and variability of ozone concentrations, there were recorded "longer" oscillations being in the visible antiphase with atmospheric pressure. The periodicity of oscillations made up several days testifying to synoptic variations.

At the rural station, short-term non-periodic decrease of ozone concentrations was dependent on regional transport of atmospheric pollutants, including emissions from industrial enterprises. Such short-term fluctuations of ozone concentrations are usually associated with transport of scattered tail from coal heat and power stations in Irkutsk or Angarsk towards Southern Baikal. Anthropogenic atmospheric impurities promote rather sink of ozone than its formation (at least at night). This was fixed many times during observations at Station Listvyanka. When the polluted air masses were transported from Irkutsk, ozone concentrations dropped sharply to zero periodically, whilst concentrations of sulfur and nitrogen oxides were high.

For 18 years of observations at the background station, maximal average annual ozone concentrations were fixed in 2003-2005. Since then till present there is a tendency to its decrease.

This work was partially supported by Integration SB RAS Project No. 8 within the framework of the International EANET Program.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОЗОНА В АТМОСФЕРЕ СТАНЦИЙ МОНИТОРИНГА БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Хуриганова О.И., Оболкин В.А., Потемкин В.Л., Голобокова Л.П.,

Ходжер Т.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

Khuriganowa@lin.irk.ru

Стратосферный озоновый слой играет в жизни всего живого на Земле важную роль, поскольку поглощает губительное УФ-излучение Солнца. Однако, тропосферный (приземный) озон является загрязнителем, который обладает токсическими свойствами. В связи с этим явилось актуальным измерение концентраций озона в приземном слое атмосферы. Мониторинг концентраций озона проводился на трех станциях Восточной Сибири: фоновом, сельском и городском. Подробно рассмотрена изменчивость озона разного временного масштаба: суточная, сезонная и межгодовая, а также основные факторы природного и антропогенного характера, влияющие на эту изменчивость.

Получено, что во всех трех районах годовой ход концентрации озона имел общий характер: максимум - весной, минимум – осенью. При этом, на протяжении всех лет совместных наблюдений, средние концентрации в сельском и фоновом районах были близки по величине, в то же время, в условиях города они были значительно ниже (в 1,5-2 раза).

Помимо сезонной изменчивости концентрации озона имели место колебания синоптического масштаба, но наиболее были выражены суточные колебания, связанные с фотохимической генерацией озона под воздействием солнечной радиации. Генерация озона начиналась с восходом солнца при радиации около 200 ватт/м² и заканчивалась ниже этой величины вечером, после его захода. В связи с этим, максимум озона приходился не на полдень, а на вечерние часы. В ночные часы, в связи с прекращением фотогенерации озона, концентрация его постепенно падала в связи с расходом на окислительные процессы в атмосфере или поглощением подстилающей поверхностью. Также, прослежено влияние атмосферной циркуляции на изменение концентраций озона. Синхронная запись концентрации озона и атмосферного давления на станции Листвянка показывала, что помимо суточных колебаний и изменчивости концентрации озона присутствовали более «длинные» колебания, находящиеся в явной противофазе с атмосферным давлением. Периодичность колебаний – несколько дней, что говорит о вариациях синоптического масштаба.

В сельском районе отмечены также кратковременные непериодические понижения концентрации озона под влиянием региональных переносов атмосферных загрязнений, к которым можно было отнести выбросы промышленных предприятий. Такие кратковременные колебания концентраций озона обычно связаны с переносами на Южный Байкал слабо рассеянных шлейфов от угольных ТЭЦ Иркутска или Ангарска. То, что антропогенные атмосферные примеси скорее способствуют стоку озона, чем его образованию (по крайней мере, в ночные часы), было многократно зафиксировано наблюдениями на станции Листвянка. При выносе шлейфа загрязненных воздушных масс со стороны Иркутска концентрация озона периодически резко понижалась до нулевых значений синхронно с высокими концентрациями оксидов серы и азота.

В фоновом районе за 18 лет наблюдений максимальные средние годовые концентрации озона были отмечены в 2003-2005 годах, после которых до настоящего времени наблюдается тенденция к понижению концентраций озона.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Интеграционного проекта №8 Сибирского отделения РАН «Оценка влияния антропогенных источников Прибайкалья на качество атмосферы над акваторией Байкала...» и в рамках Международной программы EANET.

MICROBIAL METHODS FOR ESTIMATION THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF WATER

Kim A.V.¹, Dolmatova E.S.¹, Eskova A.I.¹, Buzoleva L.S.^{1,2}, Golozubova Y.S.¹

¹Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

²Institute of Epidemiology and Microbiology n. G.P. Somov, Vladivostok, Russia
kim-sandra@mail.ru

Marine microorganisms are extremely active and an important part of marine ecosystems, involved in the processes of transformation and mineralization of organic matter in the marine environment (Israel, Tsyban, 1981). On account of the physiological and genetic characteristics the bacteria quickly react to changes in the quality of the environment and effect of stress factors. In this regard, they can be used to assess the biological contamination (Tsyban, 1990). For indicators of biological contamination include microorganisms released into the medium hydrolytic enzymes that disrupt readily degradable organic compounds (Hristoforova, 1999). Bacteria are capable of forming metabolites in the process of decomposition and recycling of various substances such as chitin, petroleum hydrocarbons, lignin, ammonia, urea, etc. (Kuznetsov, Mikhailov, 1999).

Purpose of work give a comparative description of the biological activity of marine microorganisms isolated from coastal waters to the different character of pollution using microbiological methods.

For microbiological testing were selected coastal waters of the Sea of Japan, characterized by natural features, the nature and extent of anthropogenic load. The study area included the waters of the Golden Horn Bay, Nakhodka Bay, experiencing a significant impact of industrial, household waste water and river and Kievka Bay without significant anthropogenic stresses. There were isolated 92 strains: Golden Horn Bay – 32, Nakhodka Bay – 28, Kievka Bay – 32.

Determination of lipolytic, proteolytic, amylolytic, lecithinase and hemolytic activity was performed in accordance with known methods described in the literature (Private ... Medical Microbiology, 2005; Labinskaya 1978) Enzyme activity was determined by the appearance of the reaction on these media. To determine chitinase, collagen, fucoidan activity in culture medium was added the appropriate substrate as a sole carbon source. Activity also fixed the education zones around colonies. To highlight petrooxidizing microorganisms as selective additives used bunker oil. The level of the individual bacterial strains to the stability of petroleum hydrocarbons was assessed by determining the minimum inhibitory concentration (MIC) of a petroleum hydrocarbon (Lambert, Pearson, 2000).

We used tetrazolium method for the determination of dehydrogenase activity. Dehydrogenase it is the enzyme, oxidizing the corresponding substrates. As the hydrogen acceptor used 2,3,5-

triphenyltetrazolium chloride, which reduced to formazan having a red color. The color intensity of the solution depends on the amount of formazan produced and indicates enzyme activity (MUK ..., 1981).

Chronically polluted marine areas are the source of strains with high biological activity. The totality of biological indicator properties of microorganisms reflects the nature of the organic pollution their habitat. For indication technogenic and municipal wastewater organic pollution advisable to use the test for petrooxidizing and dehydrogenase activity of marine microorganisms, respectively. For indication biogenic origin of organic matter in the marine environment can be used to tests chitinase, fukoidanase and collagenase activity.

The strains isolated from the clear waters of Kievka Bay, has a set of enzymes that decomposing organic readily available organic substrates, as well as specific substrates are typical of the marine environment such as chitin, fucoidan, collagen.

The maximum values of dehydrogenase activity of strains isolated from Golden Horn Bay, three times higher than those of the strains from Kievka Bay.

References

Israel Y.A., Tsyban A.V. 1981. The problem of monitoring the environmental impacts of ocean pollution / Y.A. Izrael, A.V. Tsyban. L.: Gidrometizdat. 50 p.

Kuznetsova T.A., Mikhailov V.V. 1999. Marine microbiology and biotechnology. Bulletin FEB RAN. 4. 5-10.

Labinskaya A.S. 1978. Microbiology with microbiological research technique / A.S. Labinskaya. - M.: Ed. "Medicine". 394 p.

Methods of general bacteriology: Trans. from English. / Ed. F. Gerhardt, and others-M.: Mir, 1983. 536 p.

MUK 19.02.81 N 2293-81 "Sanitary and microbiological research of the soil". M. USSR Ministry of Health. 1981.

Private medical microbiology techniques with microbiological studies: a tutorial. / Ed. Labinskaya A.S., Blinkova L.P., Eshina A.S. M.: Publisher "Medicine". 2005. 600 p.

Hristoforova N.K. 1999. Fundamentals of Ecology, the textbook / N.K. Hristoforova. Vladivostok Dal'nauka. 516 p.

Tsyban A.V., Panov G.V., Barinov S.P. 1990. The indicator microflora in the Baltic Sea. Study of the ecosystem of the Baltic Sea. L.:Gidrometeoizdat. 3. 69-83.

Lambert R.J.W., Pearson J. 2000. Susceptibility testing: accurate and reproducible minimum inhibitory concentration (MIC) and non -inhibitory concentration (NIC) values. J. Appl. Microbiol. 88. 784-790.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

Ким А.В.¹, Долматова Е.С.¹, Еськова А.И.¹, Бузолева Л.С.^{1,2}, Голозубова Ю.С.¹

¹Дальневосточный Федеральный университет, Владивосток, Россия

²ФГБНУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г. П. Сомова, Владивосток, Россия

kim-sandra@mail.ru

Морские микроорганизмы чрезвычайно активны и являются важной составной частью морских экосистем, принимают участие в процессах трансформации и минерализации органического материала в морской среде (Израэль, Цыбань, 1981). Благодаря физиологическим и генетическим особенностям, бактерии быстро реагируют на изменение качества среды и действие стрессовых факторов. В связи с этим они могут быть использованы для оценки биологического загрязнения (Цыбань, 1990). К индикаторам биологического загрязнения относят микроорганизмы, выделяющие в среду гидролитические ферменты, расщепляющие легкоразлагающиеся органические соединения (Христофорова, 1999). Бактерии способны образовывать метаболиты в процессе разложения и утилизации различных веществ, таких как: хитин, углеводороды нефти, лигнин, аммиак, мочевины и т.д. (Кузнецова, Михайлов, 1999).

Цель работы – с помощью микробиологических методов, дать сравнительную характеристику биологической активности морских микроорганизмов, выделенных из прибрежных акваторий с разным характером загрязнения.

Для проведения микробиологических исследований были выбраны прибрежные акватории Японского моря, отличающиеся природными особенностями, характером и степенью антропогенной нагрузки. Район работ включал акватории бухты Золотой Рог, бухты Находка, испытывающие значительное влияние промышленных, бытовых и речных стоков, а также бухты Киевка, не обремененной значительными нагрузками антропогенного характера. Всего было выделено 92 штамма: бухта Золотой Рог – 32, бухта Находка – 28, бухта Киевка – 32.

Определение липолитической, протеолитической, амилазной, гемолитической и лецитиназной активности проводили в соответствии с известными методами, описанными в литературе (Частная медицинская микробиология..., 2005; Лабинская, 1978) Активность ферментов определяли по проявлению реакции на этих средах. Для определения хитиназной, коллагеновой, фукоидановой активности в питательную среду добавляли соответствующий субстрат, в качестве единственного источника углерода. Активность так же фиксировали по образованию зон вокруг колоний.

Для выделения нефтеокисляющих микроорганизмов в качестве селективной добавки использовали флотский мазут. Уровень индивидуальной устойчивости бактериальных штаммов к нефтеуглеводородам оценивали на основе определения минимальной ингибирующей концентрации (МИК) нефтеуглеводорода (Lambert, Pearson, 2000).

Определение дегидрогеназной активности проводили тетразолиевым методом. Дегидрогеназы – ферменты, окисляющие соответствующие субстраты. В качестве акцептора водорода используется 2,3,5-трифенилтетразолий хлорид, который восстанавливается до формазана, имеющего красную окраску. Интенсивность окраски раствора зависит от количества образующегося формазана и свидетельствует об активности фермента (Методические указания...,1981).

Хронически загрязненные морские акватории являются источником получения штаммов с высокобиологическими свойствами.

Совокупность биологических индикаторных свойств микроорганизмов отражает характер органического загрязнения среды их обитания. Для индикации техногенного и коммунально-бытового органического загрязнения целесообразно использовать тест на нефтеокисляющую и дегидрогеназную активность морских микроорганизмов соответственно. Для индикации органического вещества биогенного происхождения в морской среде можно использовать тест на хитиназную, фукоиданазную и коллагеназную активность.

Штаммы, выделенные из чистых вод бухты Киевка, обладали набором ферментов, разлагающих органические легкодоступные органические субстраты, а также специальные субстраты характерные для морской среды хитин, фукоидан, коллаген.

Максимальные значения дегидрогеназной активности штаммов, выделенных из бухты Золотой Рог, в три раза превышали таковые у штаммов из бухты Киевка.

Литература

Израэль Ю.А., Цыбань А.В. 1981. Проблема мониторинга экологических последствий загрязнения океана / Ю. А. Израэль, А. В. Цыбань. Л.: Гидрометиздат. 50 с.

Кузнецова Т.А., Михайлов В.В. 1999. Морская микробиология и биотехнология. Вестник ДВО РАН. 4. 5-10.

Лабинская А.С. 1978. Микробиология с техникой микробиологических исследований / А.С. Лабинская. М.: изд. «Медицина». 394 с.

Методы общей бактериологии / Под ред. Ф. Герхардта и др. – М.: Мир, 1983. 536 с.

МУК 19.02.81 N 2293-81 «Санитарно-микробиологическое исследование почвы почвы». М. Минздрав СССР. 1981.

Частная медицинская микробиология с техникой микробиологических исследований: учебное пособие / Под ред. Лабинской А.С., Блинковой Л.П., Ещиной А.С. М.: ОАО Издательство «Медицина», 2005. 600 с.

Христофорова Н.К. 1999. Основы экологии, учебник / Н.К. Христофорова. Владивосток: Дальнаука. 516 с.

Цыбань А.В. Панов Г.В., Барина С.П. 1990. Индикаторная микрофлора в Балтийском море. Исследование экосистемы Балтийского моря. Л.: Гидрометеиздат. 3. 69-83.

Lambert R.J.W., Pearson J. 2000. Susceptibility testing: accurate and reproducible minimum inhibitory concentration (MIC) and non -inhibitory concentration (NIC) values. J. Appl. Microbiol. 88. 784-790.

PHYLOGENETIC POSITION OF A NEW SPECIES OF PROSOBRANCHIAN MOLLUSKS BAICALIIDAE (LITTORINIMORPHA, RISSOOIDEA)

Kovalenkova M.V.^{1,2}, Sitnikova T.Y.², Sherbakov D.Y.^{2,3}

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

³Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

kovalenkovam@mail.ru

Family Baicaliidae includes 8 genera and 41 species. It is the most diverse endemic molluscan group of Lake Baikal. Latest species description of baicaliids was made in 1975 by Starobogatov and Beckman. In 2010 in Kultuk Bay (South-Western end of the lake) 10 specimens were collected and identified as a member of Baicaliidae. According to shell morphology, these snails did not conforming any of the described species. This was an unexpected finding because baicaliids of the Southern Basin of the lake are studied thoroughly. Examination of the conchological traits and morphology of reproductive system of these snails allowed us to believe that they should be belonged to a new species. In order to test if the snails in question are indeed reproductively isolated from the other Baicaliidae we have sequenced the Folmer fragment of the mitochondrial gene coding for the first subunit of the cytochrome c oxidase and the intron of the ATPase alpha subunit gene as the nuclear marker. These were compared to the paralogous sequences of 23 Baicaliidae species. All intronic sequences of the new species had relatively large (57 BP) deletion. Average mutation distance from the new species to the sister ones was found to be larger than average inter-specific distances in the family: $6.4\% \pm 1.5$ and $2.1\% \pm 0.6$ for the mitochondrial and the nuclear marker, correspondingly. Phylogenies of Baicaliidae with the new species included inferred if based on mitochondrial and nuclear sequences. They also do not corroborate with current taxonomy based on morphological traits. The discrepancies between trees inferred from nuclear and mitochondrial sequences are quite common for Baicaliidae and most likely due to historic and/or modern breaches of reproductive barrier accomplished with discordant demographic responses of different species to the same environmental challenges. In this context it would be very interesting to study in further details the links of the new species to the simpatrically occurring baicaliids snails in order to elucidate if it is very rare local endemic relict recently became more abundant or a young species. The data obtained also raise questions about the extent to which the current subdivision of Baicaliidae into genera corroborates with the evolutionary history of the family.

This work was partly supported by the Russian Foundation for Basic Research, project nos. 15-04-03848 and 15-29-02515.

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ НОВОГО ВИДА ПЕРЕДНЕЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ СЕМЕЙСТВА BAICALIIDAE (LITTORINIMORPHA, RISSOOIDEA)

Коваленкова М.В.^{1,2}, Ситникова Т.Я.², Щербаков Д.Ю.^{2,3}

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

³Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

kovalenkovam@mail.ru

Семейство брюхоногих переднежаберных моллюсков *Baicaliidae*, включающее на данный момент 8 родов и 41 вид, наиболее многочисленное в видовом отношении эндемичное семейство моллюсков оз. Байкал. Последнее описание его представителей было сделано в 1975 году Старобогатовым и Бекман.

Несмотря на то, что состав малакофауны южной котловины Байкала достаточно хорошо изучен, в 2010 г. в заливе Култук (юго-западная оконечность Байкала) были собраны 10 однотипных экземпляров моллюсков, не соответствующие по морфологии раковины ни к одному из известных видов. В результате детального анализа конхиологических характеристик и особенностей строения половой системы шести экземпляров было высказано предположение, что они принадлежат к новому для науки виду.

Обнаруженные улитки имеют небольшую раковину до 6 мм высотой, без скульптуры. Морфология репродуктивной системы этих улиток вполне соответствовала представителям рода *Pseudobaikalia*.

Чтобы убедиться, что обнаруженные моллюски репродуктивно изолированы от остальных представителей семейства, мы сравнили нуклеотидные последовательности фрагмента митохондриального гена первой субъединицы цитохром С оксидазы 32 видов и ядерного интрона гена α -субъединицы АТФ-азы 23 видов байкалиид. Все изученные образцы нового вида (6 шт.)

содержали в интроне довольно протяженную делецию длиной 57 п.н. А средние генетические дистанции нового вида, отделяющие его от остальных даже несколько превышают средние межвидовые дистанции семейства: $6,4\% \pm 1,5$ и $2,1\% \pm 0,6$ для митохондриального и ядерного маркеров, соответственно. Эти данные подтверждают таксономический статус нового вида.

Топологии максимально правдоподобных деревьев по митохондриальному и ядерному маркерам отличаются и не совпадают с систематикой, основанной на морфологических признаках. Данные противоречия могут быть связаны с древними или современными нарушениями репродуктивной изоляции, связанными с различными демографическими реакциями разных видов на экологические изменения. В данном контексте особый интерес представляет установление филогенетических связей нового вида с близкородственными видами, чтобы понять является ли он редким локальным эндемиком или «молодым» видом. Полученные данные также ставят под сомнение соответствие современного разделения семейства на роды и его эволюционной истории.

Исследования выполнены при частичной поддержке Российского фонда Фундаментальных исследований, проекты №№ 15-04-03848 и 15-29-02515.

ECOLOGICAL CONDITION OF FRESH-WATER ESTUARIES OF PLAVNEVY SYSTEM OF THE DELTA OF THE KUBAN RIVER

Kruglyakova R., Kurilov P, Terenozhkin A.

State Scientific Centre of Russian Federation. Federal State Unitary Geological Enterprise "Yuzhmorgeologiya", Rosnedra, Gelendzhik, Russia

kruglyakova@ymg.ru

Object of the researches are estuaries of limanno-plavnevy system of the delta of the Kuban River. The territory of the wetlands "the Delta of Kuban" treat especially protected natural ecosystems of the international value. The purpose of researches is change of ecosystems under the influence of natural and anthropogenous factors. All know intensive chemicalization of agriculture and especially rice growing in Kuban. In the last decade the oil companies in the area of wetlands is an active exploration, production of oil, gas and gas condensate.

Material for study is the results of ecological researches of an ecosystem of estuaries made in the period of 2008-2014. Environmental studies carried out on the medium 14 estuaries. Zhestersky group – estuaries Voyskvoy, Vostochnaya, Bashtovy, Konovalovsky; Kulikovo-Kurchansky group – estuaries Kulikovsky, Gorky, Kurchansky, Fedotovsky; Mechetny group – estuaries Dolgii, Mechetny, Komkovaty, Glubokii. Types of analyzes of water and bottom sediments of estuaries corresponds to the list of environmental surveys for exploration work in the oil and gas sector.

All estuaries fresh ($0.02-0.50$ g/l). In six years of supervision estuaries have a trend to decrease of salinity with a minimum during a spring and summer season. In accordance with GOST 17.1.2.04 reservoirs has three trophic level - meso, evtrofiya- and hypertrophy. For a complex assessment of quality of reservoirs the index of impurity (IZV) on six indicators is calculated (oxygen, BPK₅, oil hydrocarbons, Cu, Pb, Hg). For the entire period of supervision on indicators (to PO₄, NH₄, deficiency of oxygen, BPK₅, Eh, pH) all estuaries the delta of the Kuban belong to the class "polluted" and "dirty waters" – α -mesosaprobic and polysaprobic. The ecological situation in estuaries during an autumn season significantly improves, in estuaries self-cleaning processes proceed. The adverse hydrochemical situation occurs, first of all at the expense of a shallowing, strong overgrowing by water vegetation and a large number of the decaying plants. In water estuaries recorded contaminants – 4.4-DDE, β - γ -HCH, PCBs, heavy metals - copper, mercury, slurry The specification of pollution – pesticidal. Source of pollution of estuaries is agricultural activity in the region. It is known that on a difficult hydrographic network to estuaries waters from rice checks merge. The contribution to pollution of the territory by mercury as a result of mud-volcanic activity of this region isn't excluded.

Precipitation stacked fluid oozes black with a large mass of OM, sometimes with an admixture of silt and sand rakusha. The presence of a large number of deposits of decaying plants, the strong smell of hydrogen sulfide and the stable complex benthic animals *Oligochaeta-Chirinomus* environment can be attributed to the α -mesosaprobic area.

Comprehensive assessment of the degree of contamination on the amount of sediment carried multiplicities allowable concentrations (KDK). The assessment of level of pollution of soil is executed on contents 16 pollutants (heavy metals – Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Mn, Zn, Ba; oil hydrocarbons, benzpyrene, phenols, anionic and cationic surfactants, pesticides, PHB).

The bottom sediments of five estuaries are classified as highly contaminated (Σ KDK=4.3-9.3); seven estuaries – average (Σ KDK=3.0-4.5), two – weak (Σ KDK=0.5-2.6). The specification of pollution of Voyskvoy and Vostochnaya estuaries – oil and pesticidal, other estuaries – pesticidal. Sources of pollution is long-term economic activity (rice farming, fishing), drainage waters from rice fields. In the last decade in the territory of the flooded zone estuaries under active exploration production oil companies.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ЛИМАНОВ ПЛАВНЕВОЙ СИСТЕМЫ ДЕЛЬТЫ РЕКИ КУБАНИ

Круглякова Р.П., Курилов П.И., Тереножкин А.М.

Государственный научный центр РФ ФГУПП «Южморгеология» Роснедра.

г. Геленджик, Россия

kruglyakova@ymg.ru

Объектом настоящих исследований являются лиманы лиманно-плавневой системы дельты реки Кубани. Территория водно-болотных угодий (ВБУ) «Дельта Кубани» относится к особо охраняемым природным экосистемам международного значения, охраняемых Рамсарской конвенцией. Целью исследований является изменение экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов. Всем известно интенсивная химизация сельского хозяйства и особенно рисоводства на Кубани, а в последнее десятилетие нефтяными компаниями на территории ВБУ ведется активная разведка, добыча нефти, газа и газоконденсата.

Материалом для исследований являются результаты инженерно-экологических изысканий экосистемы лиманов, выполненные по заказу и финансированию нефтяных компаний Краснодарского края в период 2008-2014 годы. Экологические исследования среды выполнены на 14 лиманах. *Жестерская группа* – лиманы Восточный, Войсковой, Баштовый, Коноваловский; *Куликово-Курчанская группа* – лиманы Куликовский, Горький, Курчанский, Федотовский; *Мечетная группа* – лиманы Долгий, Мечетный, Комковатый, Глубокий. Виды аналитических исследований воды и донных осадков лиманов соответствует перечню экологических изыскания при геолого-разведочных работах в нефтегазовом комплексе.

Все лиманы пресные (хлорность $0,02 \div 0,50$ г/л). За шесть лет наблюдений лиманы имеют тренд к уменьшению солености с минимумом в весенне-летний сезон. В соответствии ГОСТ 17.1.2.04-77 водоемы имеет три уровня трофности – мезо-, эвтрофия- и гипертрофии. Для комплексной оценки качества водоемов рассчитан индекс загрязненности (ИЗВ) по шести показателям (кислород, БПК₅, НП, Cu, Pb, Hg). За весь период наблюдений по показателям (PO₄, NH₄, дефициту кислорода, БПК₅, Eh, pH) все лиманы дельта реки Кубани относятся к классу «загрязненные» и «грязные воды» – α-мезосапробным и полисапробным. Экологическая ситуация в лиманах в осенний сезон существенно улучшается, в лиманах протекают процессы самоочищения. Неблагоприятная гидрохимическая обстановка происходит, в первую очередь за счет обмеления, сильного зарастания водной растительностью и большого количества гниющих растений. В воде лиманов зафиксированы загрязняющие вещества (ЗВ) – 4,4-ДДЭ, β-γ-ГХЦГ, ПХБ, тяжелые металлы – медь, ртуть, взвесь. Спецификация загрязнения – пестицидная. Источником загрязнения лиманов является сельскохозяйственная деятельность в регионе и связанное с этим пестицидное загрязнение. Известно, что по сложной гидрографической сети в лиманы сливаются воды с рисовых чеков. Не исключен вклад в загрязнение территории ртутью в результате грязевулканической активности этого региона.

Осадки сложены текучими илами черного цвета со значительной массой ОВ, местами алевритовым илом с примесью ракушки и песка. Присутствие в осадках большого количества гниющих растений, сильного запаха сероводорода и наличие устойчивого комплекса бентосных животных *Oligochaeta-Chironomus* позволяет отнести среду обитания к α-мезосапробной зоне.

Комплексная оценка степени загрязнения осадков проводилась по сумме кратностей допустимых концентраций (КДК). Для нормирования использованы допустимые концентрации (ДК) ЗВ по «голландским листам». Оценка уровня загрязнения грунтов выполнена по содержания 16 ЗВ (тяжелые металлы – Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Mn, Zn, Ba; НП, ПАУ, фенолы, АПАВ, КПАВ, пестициды, ПХБ).

Донные осадки пяти лиманов относятся к категории сильно загрязненных ($\sum КДК=4,3-9,3$); семи лиманов - средней ($\sum КДК=3,0-4,5$), два – слабой ($\sum КДК=0,5-2,6$). Спецификация загрязнения Войскового и Восточного лиманов – нефтяная и пестицидная, остальных лиманов – пестицидная. Источниками загрязнения является многолетняя хозяйственная деятельность (рисоводство, рыболовство), сброс дренажных вод с рисовых полей. В последнее десятилетие на территории лиманно-плавневой зоны ведутся активные производственные геологоразведочные работы нефтяными компаниями.

EMISSIONS OF METHANE IN COASTAL WATERS OF THE SHELF OF THE LAPTEV SEA

Kruglyakova R., Shevtsova N.

State Scientific Centre of Russian Federation. Federal State Unitary Geological Enterprise "Yuzhmorgeologiya", Rosnedra, Gelendzhik, Russia
kruglyakova@ymg.ru

In 2012-2014 years in the shallow waters of the Laptev Sea from island B. Begichev to delta Lena made complex geological exploration assessment of petroleum potential of the region. The complex included hydrogas survey (gas profiling water), gravity-magnetic and seismic surveys. Problem of hydrogas-shooting was allocations of anomalies which can be connected with UV subcurrent from the deep horizons.

Hydrogas survey performed offshore hydrocarbon gas analysis station "Mustang". The method is implemented by continuous pumping seawater on board the vessel, its decontamination and analysis of hydrocarbon gas (methane) to a flame ionization detector. Achieved 1336 km of profiles, it reported 9304 points measurements. Methane content in the water ranges from 142 to 6082 nl/l, average – 504 nl/l. The method of statistical data processing marked out background and abnormally high values of methane.

According to hydrogas survey on shoal of the Laptev Sea four sites with abnormally high the content of methane contrast with 12 units and three seeps of gases are noted. The literature has repeatedly pointed out the extremely high content of methane in the water of the Laptev Sea. The highest concentration (520 nM or 11648 nl/l), equivalent to 12000% with respect to the atmosphere glut, found north-east of the Lena River delta, these values are close to the selected contact anomalously high values of methane.

Picture heterogeneity gas field, the presence of contrasting anomalous zones indicates the different nature of methane emissions. Complex geologic-geophysical interpretation and comparison of data of hydrogas-shooting to natural gravitational and magnetic fields, to seismic section shows that anomalies of methane in water correspond to deep breaks, zones of a razuplotneniye, a jointing, zones of the increased permeability in sedimentary thickness which are channels of migration of gases. Some anomalies are dated for local raisings on the Jurassic deposits. Local splashes in gases in the western part of the area of works near the island B. Begichev most likely are connected with deep receipt from possible deposits of hydrocarbons. It isn't excluded that anomalies can be caused by methane gas hydrate destruction in sedimentary thickness at depths of coal mine of 100-140 m.

Inhomogeneous field of methane in water shows several sources of receipt gas environment, the nature of which varied. It biogenic methane formed in the water set of methanogens; modern production of methane in sediments; anthropogenic methane associated with oil pollution of the marine environment; epigenetic HC-gases migrating from deep. In the formation of the gas field in the water column play a significant role physical and geographical conditions of the region – water depth, lithological composition of sediments. The sea depth in the area varies from 1 to 25 m. Oceanographic parameters are favorable for hydrogas survey. The sediments in the shallow zone presents coarse and fine sand. With anthropogenic pollution it can be associated with the appearance of extremely high methane content in the water. The area is sparsely populated, undeveloped place. The sediments and sea water are not contaminated by petroleum hydrocarbons.

Therefore, isolated anomaly of methane may be signs of deep gas migration from possible oil and gas accumulations.

Work performed under the state contract №40 / 01 / 70-108 Rosnedra "Integrated geological and geophysical work at the junction of the Lena-Tunguska PNC and Laptev PNGO.

ЭМИССИЯ МЕТАНА В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ШЕЛЬФА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Круглякова Р.П., Шевцова Н.Т.

Государственный научный центр РФ ФГУПП «Южморгеология» Роснедра
г. Геленджик, Россия
kruglyakova@ymg.ru

В 2012-2014 годах в мелководной зоне моря Лаптевых от о. Б. Бегичев до дельты р. Лены выполнен комплекс геологоразведочных работ по оценке перспектив нефтегазоносности региона. Комплекс включал гидрогазосъемку (непрерывное газовое профилирование по воде), гравимагнитометрические и сейсмические работы. Задачей гидрогазосъемки являлось выделения аномалий, которые могут быть связаны с подтоком УВ из глубокозалегающих горизонтов.

Гидрогазосъемка выполнялось морской углеводородной станцией анализа газов «МУСТАНГ». Метод реализовался путём непрерывной закачки морской воды на борт судна, её дегазации и анализа углеводородных газов (метана) на пламенно-ионизационном детекторе.

Выполнено 1336 км профилей, зарегистрировано 9304 измерений газов. Содержание метана в воде изменяется в диапазоне от 142 до 6082 нл/л, среднее - 504 нл/л. Методом статистической обработки данных выделены фоновые и аномально высокие значения метана. В воде отмечены четыре участка с аномально высоким содержанием метана с контрастностью 12 ед. и три (четыре) локализованных естественных выходов метана. В литературе не раз указывалось на экстремально высокое содержание метана в воде моря Лаптевых. Самая высокая концентрация (520 нМ или 11648 нл/л), эквивалентная 12000 % перенасыщению относительно атмосферы, выявлена к северо-востоку от дельты Лены, Эти значения близки к выделенным нами аномально высоким значениям метана.

Картина неоднородности газового поля, наличие контрастных аномальных зон свидетельствует о разной природе УВ-газов. Комплексная геолого-геофизическая интерпретация и сопоставление данных гидрогазосъемки с естественными гравитационными и магнитными полями, с сейсмическими разрезами показывает, что аномалии метана в воде соответствуют глубинным разломам, зонам разуплотнения, трещиноватости, зонам повышенной проницаемости в осадочной толще, которые являются каналами миграции газов. Некоторые аномалии приурочены к локальным поднятиям по юрским отложениям. Локальные всплески газов в западной части района работ возле о. Б. Бегичев вероятнее всего связаны с глубинным поступлением из возможных залежей углеводородов. Не исключено, что аномалии могут быть обусловлены разрушением газогидрата метана в осадочной толще на глубинах разреза 100-140 м.

Неоднородное поле УВ-газов в воде свидетельствует о нескольких источниках поступления газов в среду, природа которых разнообразна. Это *сингенетичный биохимический метан*, образованный в воде комплексом метаногенов; современная продукция метана в донных осадках; *техногенный метан*, связанный с нефтяным загрязнением морской среды; *эпигенетичные УВ-газы*, мигрирующие из глубинных недр.

В формировании газового поля в водной толще значительную роль играют физико-географические условия района – температура и соленость воды, течение, глубина моря, литологический состав осадков. *Глубина моря* в районе работ изменяется от 1 до 25 м. Океанографические параметры являются благоприятными для проведения гидрогазосъемки. *Донные отложения* в мелководной зоне представлены крупно- и мелкозернистым песком с добавлением гальки и валунов, что является благоприятным условием для проведения гидрогазосъемки.

С *антропогенным* загрязнением может быть связано появление экстремально высоких содержаний метана в воде. Район является малонаселенным, не освоенным местом. Донные отложения и морская вода не загрязнены нефтяными углеводородами, что исключает антропогенную природу выделенных аномалий метана в водной толще.

Следовательно, выделенные аномалии метана могут являться признаками миграции глубинных газов от возможных скоплений нефти и газа

Работа выполнена в рамках Государственного контракта №40/01/70-108 Роснедра «Комплексные геолого-геофизические работы в области сочленения Лено-Тунгусской НПП и Лаптевской ПНГО».

AUTHIGENIC CARBONATES IN THE GAS-HYDRATES STRUCTURES OF THE LAKE BAIKAL: DISTRIBUTION AND MECHANISMS OF CRYSTALLIZATION

Krylov A.A.^{1,2}, Khlystov O.M.³, Sakagami H.⁴, Hachikubo A.⁴, Minami H.⁴, Zemskaya T.I.³, Pogodaeva T.V.³, Logvina E.A.², Semenov P.B.², Kalmychkov G.V.⁵

¹ St. Petersburg State University, Institute for Earth Science, St. Petersburg, Russia

² I.S. Gramberg VNIIOkeangeologia, St. Petersburg, Russia

³ Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

⁴ Kitami Institute of Technology, Japan

⁵ A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

Authigenic carbonates are an important component of the global carbon cycle. Their crystallization is carried out under specific geochemical conditions that can be reconstructed based on the results of detailed study of the nodules composition. Thus, authigenic carbonates are sensitive indicators of conditions of diagenesis, which largely determines the importance of their study.

For a long time it was thought that the sediments of Lake Baikal almost carbonate-free (Knyazeva, 1964), caused by low alkalinity of the lake waters and undersaturation of pore water with calcium on 1-2 orders with respect to the quantities needed to form calcite (Mizandronev, 1975). Only the possibility of rhodochrosite crystallization was suggested; small granules of this mineral were found in the thermal springs at Frolikha bay (Callender, Granina, 1992). The discovery of numerous gas hydrate-bearing

structures in Lake Baikal led to the observation in their limits a considerable amount of authigenic carbonate concretions. The problem of carbonates growth in the carbonate-free freshwater lake is intriguing and needs to be resolved.

The first study showed that the carbonates found in structures Malenkyi (South basin) and Kukui-K2 (Central Basin) presented by siderites. They were formed after increasing the DIC concentration in the pore water in result of methane generation (Krylov et al., 2008; Krylov et al., 2008; Krylov et al., 2010), as evidenced by their enrichment in the heavy isotope of ^{13}C (up to + 21.9 ‰ VPDB). Surprising is the fact that these carbonates were found at shallow depth below the lake-floor: from 10 to 105 cm. Previously, their "isotopically heavy" analogues raised from a much greater depths (tens and a few hundreds of meters), during drilling at the Blake Outer ridge (Matsumoto, 1989), the continental margin of Cascadia (Kopf et al., 1995), Peru trench (Thornburg & Suess, 1995).

Currently authigenic siderite found in the near-surface sediments within the 20 structures at Southern and Central basins of Lake Baikal. In addition to samples with extremely heavy isotopic composition of $\delta^{13}\text{C}$, the carbonates enriched in the light isotope ^{12}C (up to -29.4 ‰ VPDB) were found. This indicates that carbon produced during the oxidation of methane took part in the formation of carbonates at number of structures (Khoboy, Academic Ridge, Barguzin, St. Petersburg). Partially the carbon is delivered from the oxidation of organic matter. Based on data on variability of the isotopic values of $\delta^{13}\text{C}$ in carbonates, the isotopic composition of methane discharged in the past can be reconstructed.

Values of oxygen isotopes in the carbonates varies significantly: from -6.6 ‰ VPDB on the St. Petersburg structure to -13.9 ‰ VPDB on the Kukui-K2 structure. The variability can be explained by changes in the isotopic composition of pore water (for example, by discharging of the deep waters and/or formation/decomposition of gas hydrates) or temperature.

Important information about the genesis of carbonate can be obtained based on the results of microbiological studies. Variations in the composition of carbonates may be associated with the activity of microorganisms. It is known that the composition of archaea in the layers of sediment surrounding the carbonate, is different from the archaea in the overlying deposits.

The reason of confinement of carbonates to the mud volcanoes and their absence in the gas-seepage structures is not quite clear. This may be due to the different geochemical conditions within these structures. We can not exclude the possibility of delivery of carbonates with mud volcanic breccia. Finally, the mechanisms of formation of authigenic carbonates can be resolved only based on the results of comprehensive studies.

АУТИГЕННЫЕ КАРБОНАТЫ ГАЗОГИДРАТОНОСНЫХ СТРУКТУР ОЗЕРА БАЙКАЛ: РАСПРОСТРАНЕНИЕ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ

Крылов А.А.^{1,2}, Хлыстов О.М.³, Сакагами Х.⁴, Хачикубо А.⁴, Минами Х.⁴, Земская Т.И.³, Погодаева Т.В.³, Логвина Е.А.², Семенов П.Б.², Калмычков Г.В.⁵

¹Санкт-Петербургский Государственный Университет, Институт Наук о Земле,
Санкт-Петербург, Россия

²ФГУП «ВНИИ Океангеология им. И.С. Грамберга», Санкт-Петербург, Россия

³Лимнологический Институт СО РАН, Иркутск, Россия

⁴Технологический Институт г. Китами, Япония

⁵Институт Геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

Аутигенные карбонаты играют важнейшую роль в глобальном цикле углерода, а также являются чувкими индикаторами обстановок диагенеза, что во многом предопределяет важность их изучения. Их кристаллизация осуществляется при определенных геохимических условиях, которые могут быть реконструированы по результатам детального исследования вещественного состава конкреций.

Длительное время считалось, что донные отложения Байкала практически бескарбонатны (Князева, 1964), чему способствует низкая щелочность вод озера и недонасыщенность поровых вод кальцием на 1-2 порядка относительно величин, необходимых для формирования кальцита (Мизандронцев, 1975). Предполагалась только возможность кристаллизации родохрозита, небольшие гранулы которого действительно были найдены в термальном источнике бухты Фролиха (Callender, Granina, 1992). Открытие многочисленных газогидратоносных структур в озере Байкал привело к обнаружению в их пределах значительного количества аутигенных карбонатов. Проблема роста карбонатных конкреций в бескарбонатном пресноводном озере является интригующей и требует своего решения.

Результаты первых исследований показали, что карбонаты, найденные в структурах Маленький (Южная Котловина) и Кукуй-К2 (Центральная Котловина), представлены сидеритами и были сформированы за счет повышения концентрации DIC в поровой воде при метаногенерации

(Крылов и др., 2008; Krylov et al., 2008; Krylov et al., 2010), о чем свидетельствовало их обогащение тяжелым изотопом ^{13}C (до +21,9‰ VPDB). Удивительным является факт обнаружения таких карбонатов на небольшой поддонной глубине: всего от 10 до 105 см ниже поверхности дна. Ранее их «изотопно-тяжелые» аналоги поднимались при бурении на хребте Блейк Аутер (Matsumoto, 1989), континентальной окраине Каскадия (Kopf et al., 1995), Перуанском желобе (Thornburg & Suess, 1995) со значительно больших глубин, составляющих десятки и первые сотни метров.

На настоящий момент аутигенные сидериты обнаружены в приповерхностных осадках на 20 структурах в Южной и Центральной котловинах озера Байкал. Помимо образцов с экстремально-тяжелым изотопным составом $\delta^{13}\text{C}$ были обнаружены и разности, обогащенные легким изотопом ^{12}C (до -29,4‰ VPDB). Это указывает на то, что в ряде структур (Хобой, Академический хребет, Баргузин, Санкт-Петербург) в образовании карбонатов участвовал углерод, полученный при окислении метана. Определенную роль также играет окисление органического вещества. На основании данных по изменчивости изотопного состава $\delta^{13}\text{C}$ карбонатов может быть реконструирован изотопный состав метана, разгрузившегося в прошлом.

Значения изотопов кислорода в карбонатах варьируют значительно: от 6,6‰ VPDB на структуре Санкт-Петербург до 13,9‰ VPDB на структуре Кукуй-К2. Вариабельность может быть объяснена изменениями изотопного состава поровой воды (например, за счет разгрузки глубинных вод и/или формирования/разложения газовых гидратов) или температуры.

Важная информация о генезисе карбонатов может быть получена по результатам микробиологических исследований. Вариации в составе карбонатов могут быть связаны с деятельностью микроорганизмов. Установлено, что состав архей в слоях осадка, прилегающих к карбонату, отличается от состава в вышерасположенных слоях.

Не вполне понятным является факт приуроченности найденных карбонатных конкреций к грязевым вулканам и их отсутствие в газовых сипах. Это может быть связано с разной геохимической обстановкой в указанных структурах. Нельзя исключать и возможность выноса карбонатов вместе с грязевулканической брекчийей. Окончательно вопрос о механизмах формирования конкреций может быть решен только по результатам комплексных исследований.

TRANDS IN CLIMATE CHANGES OF TEMPERATURE AND ICE REGIME OF LAKE BAIKAL AND ARCTIC ACCORDING TO OBSERVATION DATA

Kuimova L.N.¹, Yakimova N.I.², Sherstyankin P.P.¹

^{1,3}Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia;

²Irkutsk Hydrometeorological Survey, Irkutsk, Russia;

Kuimova@lin.irk.ru

Nowadays, mean annual air temperatures on Lake Baikal increase more rapidly than in Arctic and twice and more rapidly than on the whole Globe.

The analysis of change of maximal ice thickness including 2014, was performed during three periods: since 1950 (the whole observations period), since 1978 (37 years) and from 1998 till 2014 (17 years). All rates of ice thickness changes are negative. Ice thickness decreases everywhere and is minimal for the full cycle since 1950. We observe on Lake Baikal a stable decrease of maximal ice thickness; for the observation period 1950-2014 it is in different aspects 15-24 cm.

The analysis of materials concerning ice characteristics on Lake Baikal and marine ice in Arctic shows that at continental water body, Lake Baikal, the rates of climate changes (warming) by mean annual air temperature are 3-4 times higher than global ones and ca 1.5 times higher compared to Arctic.

Both sustainable decrease of maximal ice thickness on Lake Baikal and rapid depletion of Arctic marine ice resulting not only from air warming but also from warm underwater currents require further consideration and observations as common consideration of global climate changes in the areas just in the continent center (Lake Baikal – Eurasia center) and in the ocean (Arctic – North-Western part of Atlantic Ocean) helps to deeper understand the studied processes.

On Lake Baikal, observations of maximal ice thickness started in 1950; up to 1970 they presented slight changes in mean values (at considerable annual oscillations), but since 1970, considerable decrease of ice thickness begins.

Accelerated warming on Lake Baikal, like in Arctic (Iohannessen et al., 2004; Stroeve, J., et al., 2006) occurs mainly due to the increase of winter temperatures. By linear trends, T_{air} on Lake Baikal in 2008 reached ca. 1.5°C, while during the warmest Eemian period (125 ky BP.), according to our assessment (Monin A.S., Shishkov Yu.A., 1979; Sherstyankin P.P., Kuimova L.N., 1998), it was 2°C; probably, under modern conditions it will reach such values or even exceed them.

ТЕНДЕЦИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО И ЛЕДОВОГО РЕЖИМА ОЗЕРА БАЙКАЛ И АРКТИКИ ПО НАБЛЮДЕННЫМ ДАННЫМ

Куимова Л.Н.¹, Якимова Н.И.², Шерстянкин П.П.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутское управление ГМС, Иркутск, Россия

Kuimova@lin.irk.ru

В настоящее время среднегодовые температуры воздуха на озере Байкал растут быстрее, чем в Арктике и в два и более раза быстрее, чем по Земному Шару.

Анализ изменения максимальной толщины льда, включая 2014 г. проводился за три периода: с 1950 г. (весь период наблюдений), с 1978 (37 лет) и с 1998 г. по 2014 г. (17 лет). Все скорости изменений толщины льда отрицательны. Толщины льда повсеместно уменьшаются и минимальны для полного цикла с 1950 г. На Байкале наблюдается устойчивое уменьшение максимальных толщин льда и за период наблюдений 1950-2014 гг. по разным пунктам составляет 15-24 см.

Анализ материалов по ледовым характеристикам на озере Байкал и по морскому льду Арктики показывает, что на континентальном водном объекте, озере Байкал, темпы климатических изменений (потепления) по среднегодовым температурам воздуха выше таковых по Земному Шару в 3-4 раза и примерно в полтора раза выше по сравнению с Арктикой.

Как устойчивое уменьшение максимальной толщины льда на Байкале, так и быстрые разрушения морских льдов в Арктике, вызываемые не только потеплением воздуха, но и теплыми подводными течениями, требует дальнейших детальных исследований и наблюдений, т.к. совместное рассмотрение глобальных климатических изменений в областях, расположенных непосредственно в центре материка (озеро Байкал – центр Евро-Азии), так и в океане (Арктика – северо-западная часть Атлантического океана) даёт более глубокое понимание изучаемых процессов.

На Байкале наблюдения за максимальной толщиной льда были начаты в 1950 г. и до 1970 г. давали небольшие изменения средних значений (при значительных ежегодных колебаниях), но с 1970 г. начинается заметное уменьшение толщины льда.

Ускоренное потепление на Байкале, как и в Арктике (Iohannessen et al., 2004; Stroeve J., et al., 2006), происходит в основном за счёт повышения зимних температур. По линейным трендам T_{air} на Байкале в 2008 г. достигала примерно 1,5°C, в то время как в самый тёплый Эмский (Eemian) период (125 тыс. л. н.) по нашим оценкам (Монин А.С., Шишков Ю.А., 1979; Sherstyankin P.P., Kuimova L.N., 1998), она была равна 2°C, и для современных условий, видимо, достигнет таких же значений и даже превысит их.

DIVERSITY REPRESENTATIVES OF THE PHYLUM PLANCTOMYCETES IN DEEP SEDIMENTS OF SITES OF GAS AND OIL CONTAINING MINERALIZED FLUIDS IN LAKE BAIKAL

Lomakina A.V., Mamaeva E.V., Pogodaeva T.V., Zemskaia T.I.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

lomakina@lin.irk.ru

Planctomycetes is a distinct phylum within the domain *Bacteria*. Representatives of the *Planctomycetes* (ANAMMOX group) take part in anaerobic microbial ammonium oxidation, termed the “ANAMMOX process” (ANAMMOX, ANaerobic AMMonium Oxidation) in industrial wastewater treatment plants, as well as in natural ecosystems (marine and freshwater sediments and the oceanic water column) (Kuypers et al., 2003; Schubert et al., 2006). In four sites of gas and oil containing mineralized fluids in deep sediments of Lake Baikal were detected high concentrations of ions ammonium, hydrocarbonate, acetate. Profiles of distribution curves of ammonium concentrations indicate talk about presence of process anaerobic oxidation of ammonium and presence ammonium-oxidizing bacteria. Representatives of the phylum *Planctomycetes* and ANAMMOX group were detected in the sites of gas

and oil containing mineralized fluids in Lake Baikal using PCR-analysis and fluorescent *in situ* hybridization (FISH).

Cells of *Planctomycetes* and ANAMMOX group were identified by means of hybridization of the surface and deep bottom sediments fixed by an equimolar mixture of the 16S rRNA specific oligonucleotide probes (Neef et al., 1998; Schmid et al., 2003, 2005).

This study demonstrated that *Planctomycetes* from Lake Baikal had generally spherical or coccoid form with diameter cells from 0.5 to 2 μm . Cells of *Planctomycetes* were adsorbed on the particles of a detritus where they formed microcolonies. Specific probes for the ANAMMOX group revealed bright fluorescent aggregates with distinguished cell clusters or microcolonies that were morphologically similar to ANAMMOX-bacteria.

The analysis of the *Planctomycetes* clone library with specific primers showed a diversity of this phylum in bottom sediments. Their neighbor relationships were extracted from bioreactors involved in ANAMMOX, as well as to those from marine (the Black Sea) and freshwater sediments (Lake Washington, Ohio). Among nearest homologues there were detected sequences isolated from soils contaminated with hydrocarbons. However, the degree of similarity with the closest homologues was as low as 91-93% in some cases. We also detected representatives of the phylum *Verrucomicrobia* which can oxidize methane at low pH (Pol et al., 2006) and representative *Spirochetes*, *Candidatus division WS3*, *OD1*, *BRC1*, *Lentisphaerae*, *Acidobacteria*.

Thus, low degree similarity *Planctomycetes* with the closest relationships and their specific living conditions on Lake Baikal indicating presence new, unknown representatives of this phylum involved in ANAMMOX process.

This work was supported by the state task No 0345–2014–0009 “Geobiochemical studies of the methane cycles...”, the Integration Project No.82, the RAS Presidium Programme 23.8, the RFBR Grant No.12-04-31031 mol_a.

РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ФИЛУМА *PLANCTOMYCETES* В ОСАДКАХ РАЙОНОВ РАЗГРУЗКИ ГАЗО-НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Ломакина А.В., Мамаева Е.В., Погодаева Т.В., Земская Т.И.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

lomakina@lin.irk.ru

Planctomycetes – это отдельная филогенетическая ветвь домена *Bacteria*, представители которой участвуют в процессах анаэробного окисления аммония (ANAMMOX процесс) в очистных сооружениях, а также в морских и пресноводных осадках и водной толще океана (Kuypers et al., 2003; Schubert et al., 2006). В четырех районах разгрузки газо-нефте содержащих флюидов на озере Байкале в донных осадках насыщенных метаном и нефтью обнаружены повышенные концентрации ионов аммония, гидрокарбоната, ацетата. Анализ профилей распределения аммония свидетельствует о наличии процессов его окисления и о присутствии аммоний-окисляющих бактерий. Присутствие *Planctomycetes* в районах разгрузки газо-нефте содержащих флюидов на озере Байкале показано методами флуоресцентной *in situ* гибридизации (FISH) и секвенированием по методу Сэнгера.

Идентификацию клеток *Planctomycetes* и группы ANAMMOX методом FISH осуществляли путем гибридизации фиксированных образцов поверхностных и глубинных слоев донных осадков с эквимолярной смесью разработанных 16S рРНК-специфичных олигонуклеотидных зондов (Neef et al., 1998; Schmid et al., 2003, 2005). Проведенное исследование показало, что байкальские планктомицеты имели в основном сферическую или кокковидную форму с диаметром клеток от 0.5 до 2 мкм и были адсорбированы на частицах детрита, где они образовывали микроколонии. Применение зондов, специфичных для группы ANAMMOX, выявило ярко светящиеся агрегаты, внутри которых были различимы скопления клеток или микроколонии сходных по морфологии с ANAMMOX-бактериями.

Анализ фрагментов гена 16S рРНК позволил детектировать в донных осадках исследованных районов широкий спектр представителей *Planctomycetes*. Их ближайшие родственники были выделены из биореакторов, где они участвуют в ANAMMOX процессах, а также из морских (Черного моря) и пресноводных осадков (озер Вашингтон, Огайо) и из почв, загрязненных углеводородами. При этом в некоторых случаях уровень сходства полученных последовательностей филума *Planctomycetes* с ближайшими филогенетическими родственниками не превышал 91-93%. Нами также были детектированы представители филума *Verrucomicrobia*, которые могут окислять метан при низких значениях pH (Pol et al., 2006) и представители *Spirochetes*, *Candidatus division WS3*, *OD1*, *BRC1*, *Lentisphaerae*, *Acidobacteria*.

Таким образом, низкий процент сходства *Planctomycetes* с ближайшими родственниками и их специфические условия существования на озере Байкал могут свидетельствовать о наличии,

новых, ранее не изученных представителей данного филума, осуществляющих ANAMMOX процесс.

Работа выполнена в рамках гос. задания по теме № 0345–2014–0009 «Геобиохимические исследования циклов метана...», Интеграционного проекта СО РАН №82, программы Президиума РАН 23.8 и гранта РФФИ №12-04-31031 мол_а.

COMPARATIVE STUDY OF NONSPECIFIC MECHANISMS OF STRESS-ADAPTATIONS IN REPRESENTATIVES OF REMOTE *GMELINOIDES FASCIATUS* POPULATIONS ANDER HYPERTHERMIC CONDITIONS

Lubyaga J.A.¹, Lavrova M.S.³, Orlova E.A.², Madyarova E.V.¹, Axenov-Gribanov D.V.¹, Timofeyev M.A.¹

¹Irkutsk State University, Institute of Biology, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

³Institute of Limnology RAS, St. Petersburg, Russia

yuliya.a.lubyaga@gmail.com

One of the most acute forms of “biological pollution” is the introduction of species in natural communities as a result of human activity, which is accompanied by major changes in biogeochemical cycles in aquatic ecosystems. In the 1960s, in an attempt to improve the fodder base for fishes, Baikal amphipod species *Gmelinoides fasciatus* were introduced to the water bodies in the European part of Russia. Ecological plasticity and migration capacity of this species have brought success in competition with native species and allowed expansion to their habitat. In light of the problem of global climate change, studies aimed at assessing temperature dependence of the introduced species are becoming exceedingly important due to the increase of anthropogenic load on aquatic biota.

Raising the temperature of the environment is an important ecological factor, which has a profound effect on the intensity of biochemical processes responsible for an organism’s capacity to respond. Under hyperthermic conditions in aquatic organisms, there is a risk of oxidative stress. One of the defense mechanisms against oxidative stress is the antioxidant system (AOS), which includes critical enzymes such as catalase, peroxidase, and glutathione S-transferase. The main function of AOS enzymes is to neutralize free forms of oxygen content in the cell, which increases under stress. The purpose of this study was to analyze the activity of antioxidant enzymes in representative populations of *G. fasciatus* in hyperthermia.

The object of study was individuals of local *G. fasciatus* populations from lakes Baikal and Ladoga. The amphipods were acclimated for 4 days at 6°C in laboratory conditions after collection. For the study, we performed heat–shock exposures at 27°C. Some organisms after exposure for 3 hours at 27°C were returned the acclimation temperature (6°C) before the end of the experiment. Experiments were carried out in both Baikal and Ladoga water. Organisms have been preserved (in liquid nitrogen) after one hour of the experiment and 6 hours.

The study provided data showing that the degree of AOS enzyme activity at hyperthermic conditions is different. Catalase activity of the Ladoga control group exposed to Baikal water is higher than that of the same group, placed in Ladoga water. In the control group of the population *G. fasciatus* of Baikal levels of catalase activity were almost the same, regardless of the origin of water in which the experiment was conducted.

Under the hyperthermic conditions in the population of *G. fasciatus* from Baikal, exposed in the Ladoga water, we observed an increase in peroxidase activity and glutathione S-transferase. The increase in activity of glutathione S-transferase occurred among representatives of Ladoga *G. fasciatus*, in Ladoga water, while returning organisms to temperature acclimation. Increases in enzyme activity from respective local populations exposed to Ladoga water were observed, possibly due to a decrease in oxygen content as the temperature increased (as a result of high dissolved organic compounds). Another possible cause may be an exposure to pollutants adscititious in Ladoga water as a result of human activity and the impact on organisms from other atypical environmental conditions, including the food spectrum.

This research was partially supported by Ministry of education and science of Russia as a part of “Goszadanie” (1354–2014/51), Russian foundation for basic research (projects N 14-04-00501, 15-04-06685, 15-54-04062), Russian science foundation (project N 14-14-00400), U.S. Civilian Research & Development Foundation (project FSCX-15-61168-0).

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ СТРЕСС-АДАПТАЦИИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ОТДАЛЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *Gmelinoides fasciatus* В УСЛОВИЯХ ГИПЕРТЕРМИИ

Лубяга Ю.А.¹, Лаврова М.С.³, Орлова Е.А.², Мадьярова Е.В.¹,
Аксенов-Грибанов Д.В.¹, Тимофеев М.А.¹

¹НИИ биологии ФГБОУ ВПО «ИГУ», Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

³Институт озераедения РАН, Санкт-Петербург, Россия

yuliya.a.lubyaga@gmail.com

Одной из наиболее острых форм «биологического загрязнения» является вселение видов в природные сообщества в результате антропогенной деятельности, что сопровождается серьезными перестройками биогеохимических циклов многих химических элементов в водных экосистемах. В 1960-е годы с целью улучшения кормовой базы рыб была проведена интродукция байкальского вида амфипод *Gmelinoides fasciatus* в водоёмы европейской части России. Экологическая пластичность и миграционная способность данного вид обеспечили ему успех в конкурентной борьбе с местными видами и позволили значительно расширить ареал своего обитания. Исследования, направленные на оценку термозависимости данного интродуцента, приобретают всё большую актуальность в связи с ростом антропогенной нагрузки на водную биоту, а также в свете проблемы глобальных климатических изменений.

Повышение температуры среды является важным экологическим фактором, оказывающим глубокое влияние на интенсивность биохимических процессов, обуславливающих резистентность организма. В условиях гипертермии у водных организмов возникает опасность развития окислительного стресса. Одним из защитных механизмов организмов от окислительного стресса, является антиоксидантная система (АОС), важными звеньями которой выступают ферменты, такие как каталаза, пероксидаза и глутатион-S-трансфераза. Основной функцией ферментов АОС является нейтрализация губительных для клетки свободных форм кислорода, содержание которых увеличивается в стрессовых условиях. Целью настоящего исследования являлся анализ активности ферментов антиоксидантной системы у представителей отдалённых популяций *Gmelinoides fasciatus* в условиях гипертермии.

Объектом исследования были выбраны представители локальных популяций *G. fasciatus* из вод озера Байкал и Ладожского озера. После отлова животных была проведена их акклимация при температуре 6°C в течение четырех суток. В ходе исследования проведены эксперименты по шоковой экспозиции амфипод при температуре 27°C. Часть организмов после экспонирования в течение 3 часов при температуре 27°C была возвращена в температуру акклимации (6°C) до окончания эксперимента. Эксперименты проводились в байкальской и ладожской воде, при экспонировании в них представителей обеих исследуемых локальных популяций *G. fasciatus*. Организмы были зафиксированы (в жидком азоте) через час эксперимента и через 6 часов.

В ходе исследования получены данные показывающие, что степень активности ферментов АОС в условиях гипертермии у представителей отдалённых популяций *G. fasciatus*, экспонированных в водах озера Байкал и Ладожского озера, различна. Активность каталазы у ладожской контрольной группы, экспонированной в байкальской воде выше, чем у той же группы, помещённой в ладожскую воду. У контрольной группы из байкальской популяции *G. fasciatus* уровень активности каталазы был практически одинаков, независимо от происхождения воды, в которой проводился эксперимент.

В условиях гипертермии у байкальской популяции *G. fasciatus*, экспонированной в ладожской воде, наблюдали увеличение активности пероксидазы и глутатион S-трансферазы. Увеличение активности глутатион S-трансферазы происходило и у представителей ладожской популяции *G. fasciatus*, экспонированных в ладожской воде, при возвращении организмов в температуру акклимации. Зафиксированное повышение активности данных ферментов у организмов из обеих локальных популяций, экспонированных в ладожской воде, возможно, связано с понижением содержания кислорода при увеличении температуры воды (за счёт высокого содержания растворённых органических соединений). Другой возможной причиной может выступать интоксикация организмов загрязняющими веществами, привнесёнными в ладожскую воду в результате антропогенной деятельности и воздействием на организмы других нехарактерных условий среды, в том числе спектра питания.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (15-54-04062 Бел_мол_a, 15-04-06685_a, 14-04-00501_a), CRDF (FSCX-15-61168-0), гранта РНФ (14-14-00400), тема ГЗ (1354–2014/51).

APPARENT DESPECIATION IN BAIKALIAN EXPATRIATE SPONGES

Maikova O., Bukshuk N., Itskovich V., Khanaev I., Belikov S., Sherbakov D.

Limnological institution SB RAS, Irkutsk, Russia

idboo8@mail.ru

In spite of the wide morphological diversity of Lubomirskiidae species we may assume the origin of endemic sponge species flock in confines of the lake during last ca. 10 Ma according to molecular phylogeny (Maikova et al., 2015). According to the present classification the family Lubomirskiidae includes 13 species (4 genera) (Efremova, 2001). In course of their comparatively short evolutionary history Baikal sponges acquired impressive morphological and ecological diversity. Two species of Baikal sponges apparently managed to penetrate into dramatically different environment of the only outlet of the lake Angara River where their occurrence has been reported earlier (Rezvoj, 1936; Kozhov, 1950; Efremova, 2001; Rozhkova, 2010). This provides one a convenient model of evolutionary consequences of developing in an expatriate community of sister species towards the reverse of their evolutionary course the lake through niche splitting and differential specialization.

The network based on ITS1, ITS2 and two mitochondrial intergenic regions shows that the Baikal sponges and the specimens from Angara River belong to a single definite cluster. It makes Angara sponges polyphyletic (Log10 Bayes factor value of -61.861) while still adhering to the Baikalian endemic family Lubomirskiidae. Angara sponges are very diverse morphologically and only 2 of them were identified at the species level: *B. intermedia* and *L. baikalensis*. Intra-individual variability of spicule traits in samples from Angara is much higher than in the Baikal ones.

In order to trace fate of morphological traits in course of sponge migration to the river the length and width of spicules were measured for sponge samples from Lake Baikal and Angara River belonging to 2 species (*B. intermedia* and *L. baikalensis*) of Lubomirskiidae. We demonstrated the character displacement by spicule length: the individual range of variability of this trait does not change significantly in case of *B. intermedia*, *L. baikalensis* from Lake Baikal differs from Angara ones significantly ($U=3.5$, $p<0.000001$) although the distributions still slightly overlap. One may see that in order to survive in peculiar river conditions, this species must transform dramatically. One may see that in order to survive in peculiar river conditions, this species must transform dramatically may be because of specific selection. The overall appearance changes considerably too.

While forming sponge "expat community" in Angara River, they increase dramatically their morphologic diversity so that the organisms of different specific origin become almost indistinguishable from each other but remarkably different from the original species (in the case of *L. baikalensis*). This effect is not restricted to quantitative traits like the length of spicules, but also involves qualitative characters like the shape of spicule spines and skeleton structure. This finding shows that morphological diversity increases in riverine conditions while it would be to expect the opposite due to strong and peculiar selective pressure in Angara River. This new direction of selection may overcome and distort the effects of inter-specific competition maintaining species diversity inside the Lake.

This work was supported by the RFBR grant No. 14-04-31298.

ПОТЕРЯ ВИДОВОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК В ПРОЦЕССЕ МИГРАЦИИ

Майкова О., Букшук Н., Ицкович В., Ханаев И., Беликов С., Щербаков Д.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

idboo8@mail.ru

Несмотря на широкое морфологическое разнообразие видов байкальского эндемичного семейства губок Lubomirskiidae, наиболее вероятное время происхождения семейства в озере Байкал определено, по молекулярным данным, около 10 млн лет назад (Майкова и др., 2015). Согласно действующей классификации семейство Lubomirskiidae включает в себя 4 рода и 13 видов (Ефремова, 2001). В ходе сравнительно короткой эволюционной истории байкальские губки приобрели внушительное морфологическое и экологическое разнообразие. Интересно, что двум видам байкальских губок удалось проникнуть и выжить в резко отличающихся условиях единственной вытекающей из озера реки Ангара, где эти два вида были зарегистрированы ранее (Rezvoj, 1936; Кожов, 1950; Ефремова, 2001; Рожкова, 2010). Это дает нам уникальную возможность изучить эволюционные преобразования в процессе обособления и сосуществования двух сестринских видов, что вероятнее всего, является процессом, противоположным таковому в озере Байкал, где видообразование происходит через расщепление экологических ниш и дифференциальную специализацию. Сетчатое дерево на основе ITS1, ITS2 и двух митохондриальных межгенных районов показывает, что губки из озера Байкал и образцы из Ангары принадлежат одному кластеру. Губки из Ангары полифилетичны (значение Log10 Байес фактора равен -61,861) и принадлежат байкальскому эндемичному семейству Lubomirskiidae.

Ангарские губки очень разнообразны морфологически и только 2 вида из 7 проанализированных были определены до вида: *B. intermedia* и *L. baicalensis*. Внутри-индивидуальная изменчивость спикул у всех образцов губок из Ангары гораздо выше, чем у таких же видов в Байкале.

Для того чтобы проследить судьбу морфологических признаков в ходе миграции губок в реку, были измерены длина и ширина спикул для образцов губок из Байкала и Ангары, принадлежащих к 2 видам (*B. intermedia* и *L. baicalensis*). Мы показали особенности смещения признаков на примере длин спикул: индивидуальный диапазон изменчивости этого признака существенно не изменится в случае *B. intermedia*, в то время как образцы *L. baicalensis* из Байкала и Ангары отличается значительно ($U=3,5$, $p<0,000001$), хотя распределения признака немного перекрываются. Можно предположить, что для того, чтобы выжить в своеобразных речных условиях, этот вид должен резко преобразоваться.

В результате работы показано, что в процессе обособления губок в Ангаре повышается их морфологическая вариабельность до такой степени, что особи разных видов становятся почти неотличимы друг от друга, но заметно отличаются от исходного вида (в случае с *L. baicalensis*). Этот эффект не ограничивается такими признаками, как длина спикул, а также включает в себя еще такие качественные признаки как форма спикул и строение скелета. Увеличение морфологической вариабельности в речных условиях, возможно, происходит из-за сильного и своеобразного селективного давления в Ангаре. Это новое направление отбора может преодолеть и исказить последствия межвидовой конкуренции видов направленное на поддержание морфологического разнообразия внутри озера Байкал.

Данная работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-31298 мол_a.

MICROBIAL PROCESSES AND METHANE SEEPS GENESIS AT THE COASTAL AREAS OF CRIMEAN PENINSULA

Malakhova T.V.¹, Kanapatsky T.A.², Egorov V.N.¹, Malakhova L.V.¹, Artemov Yu.G.¹, Evtushenko D.B.¹, Gulin S.B.¹, Pimenov N.V.²

¹The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russia

²Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia

t.malakhova.imbr@gmail.com

The role of methane as environmental and ecological factor for the water column and its greenhouse gas properties at the atmosphere is the main reason of interest in studying of marine methane biogeochemistry. Gas seeps are the mechanism of vertical transfer of methane bubbles from the sediments into the water column and then into the atmosphere. These may be the result of deep gas discharge as well as microbial gas release from the upper sediment layers. However, only gas seeps from depth less than 250 mbsf can reach the sea surface, contributing to the balance of greenhouse gas emissions, while methane seeps from greater depths are completely dissolved in the water column.

Since 1989 in the Black Sea were discovered and mapped more than 4000 sites of methane gas seeps located at depths from 5 to 2084 mbsf. In 2014 new gas seep sites were found and observed in Kazach'ya and Kherones Bays together with the previously known site in Laspi Bay. Biogeochemical cycle of methane was studied at these areas, which included measurements of microbial methane production and oxidation rates, sulfate reduction rate and isotopic composition of the gas bubbles.

The first type of gas seepage observed at the Laspi Bay apparently associated with the deep thermogenic methane released over the faults. Methane isotopic composition was characterized by $-33.34\text{‰ } \delta^{13}\text{C}$ and C_1/C_{2+} ratio was 29. While elevated rates of aerobic methane oxidation were revealed in the sandy sediments adjacent to the methane release site, no evidence of bacterial mats was found here. The second type of gas emission, observed in the Kherones Bay, was accompanied by formation of bacterial biofilms of the "*Thiodendron*" microbial community type, predominated by filamentous, spirochete-like organisms, in the areas of gas seepage. The isotopic composition of methane was there noticeably lower ($-60.4\text{‰ } \delta^{13}\text{C}$), indicating a considerable contribution of modern microbial methane to the gas bubbles discharged in this bay. Activity of the third type of gas emission, the seeps of the Kazach'ya Bay, probably depended directly on modern microbial processes of organic matter degradation in the upper sediment layers. The rates of sulfate reduction and methanogenesis were 260 and 34 $\text{mmol dm}^{-3} \text{d}^{-1}$, respectively.

The results obtained at the present stage of research indicate different biogeochemical mechanisms of methane seeps formation of the Laspi Bay and the Heracles Peninsula, which includes Kazach'ya and Kherones Bays. The most probable source of degassing at Laspi Bay, in our opinion, is carboniferous rocks. The gas in the Kazach'ya and Kherones Bays is polygenetic, with the prevalence of a microbial component.

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project №14-04-90400-Ukr-a.

МИКРОБНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ГЕНЕЗИС СТРУЙНЫХ МЕТАНОВЫХ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЙ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Малахова Т.В.¹, Канапацкий Т.А.², Егоров В.Н.¹, Малахова Л.В.¹,
Артёмов Ю.Г.¹, Евтушенко Д.Б.¹, Гулин С.Б.¹, Пименов Н.В.²

¹Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, г.
Севастополь, Россия

²Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, г. Москва, Россия
t.malakhova.imbr@gmail.com

Интерес к изучению биогеохимии морского метана связан с тем, что в водной среде он выступает в роли средообразующего и экологического фактора, а попадая в атмосферу, проявляет свойства парникового газа. Струйные газовыделения (сипы) представляют собой механизм вертикального переноса пузырькового метана из донных осадков в водную толщу и затем в атмосферу. Они могут быть проявлениями, как глубинного характера, так и высвобождением биогенного газа из верхних слоев донных отложений. При этом только сипы с глубин менее 250 м могут достигать поверхности моря, внося вклад в баланс парниковых газов, тогда как метан струйных газовыделений с больших глубин полностью растворяется в водном столбе.

В Чёрном море с 1989 г. обнаружено и картировано свыше 4000 площадок струйной метановой разгрузки дна в интервале глубин от 5 до 2084 м. В 2014 г. наряду с ранее известными метановыми сипами в б. Ласпи обнаружены новые площадки струйных газовыделений в бухтах Херсонесская и Казачья. В этих районах было проведено изучение биогеохимических процессов цикла метана, которое включало измерение скоростей микробной продукции и окисления метана, сульфатредукции, анализ изотопного состава пузырькового газа.

Первый тип струйных газовыделений, наблюдаемый в бухте Ласпи, по-видимому, связан с разгрузкой по разломам глубинного термогенного метана. Изотопный состав метана $\delta^{13}\text{C}$ характеризовался величиной $-33,34\%$, соотношение C_1/C_{2+} составляло 29. В песчаных отложениях рядом с выходом метана в аэробных условиях наблюдались повышенные скорости процесса окисления метана, но отсутствовали какие-либо признаки развития бактериальных матов. Второй тип струйных газовыделений, обнаруженный нами в Херсонесской бухте, сопровождался формированием в зонах газовых высачиваний характерных бактериальных пленок, основу которых составляли спирохетообразные нитчатые организмы, типа микробного сообщества «*Thiodendron*». Изотопный состав метана, измеренный нами в б. Херсонесская оказался существенно легче ($-60,4\%$), что указывает на значительную долю современного микробного метана в составе пузырькового газа, разгружающегося в этой бухте. Третий тип метановых газовыделений – сипы бухты Казачьей, активность которых, по-видимому, напрямую зависит от современных микробных процессов деструкции органического вещества в верхних слоях осадка. Скорости сульфатредукции и метаноокисления здесь достигали 260 и 34 мкмоль $\text{дм}^{-3}\cdot\text{сут}^{-1}$ соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют о различных биогеохимических механизмах образования метановых струйных газовыделений в б. Ласпи и прибрежных районах п-ова Гераклейского, к которому относятся б. Казачья и б. Херсонесская. Наиболее вероятным источником дегазации в б. Ласпи мы считаем залегающие угленосные породы. Сипы Гераклейского п-ова по своей природе полигенетичны с преобладающим вкладом биогенной составляющей.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 14-04-90400.

STUDY IN MODEL EXPERIMENTS DEGRADATION ALKANE OIL FRACTIONS CULTURED MICROBES SEDIMENTS OF KARA SEA

Mamaeva E.¹, Gubarev P.², Suslova M.¹, Gorshkov A.¹, Zemskaya T.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
elena_m@lin.irk.ru

In connection with the development reserves of hydrocarbons of the Arctic shelf zone of the study of microbial communities of the northern seas it becomes relevant and important. Samples of bottom sediments were selected from the shelf of KaraSea and the YeniseiBay during an expedition in 2009. From the sediment were isolated pure cultures of microorganisms. The nucleotide sequences of the 16S rRNA gene fragments these microorganisms were determined (Suslova et al., 2012). Arctic pure cultures were tested for ability to degradation of n-alkanes in medium with different salinity conditions. The strains were tested for ability to degradation of n-alkanes in the oil of different salinity conditions. For the

experiment was prepared mixture of bacterial strains of pure cultures of *Bacillus* sp., *Brevibacillus laterosporus*, *Aeromonas piscicola* and *Plantibacter* sp., hereinafter referred to as a mixture №1. For comparison and correlation results were used Baikal pure cultures from areas oil seep and mud volcano (*Microbacterium* sp., *Paenibacillus* sp., *Rhodococcus* sp., *Rhodococcus* sp.). Baikal strains represented in the mixture №2. Experimental mixture №3 consisted of mixtures №1 and №2.

A model experiment was carried out in a laboratory on a mineral medium supplemented with oil in triplicate. Each experimental medium included different concentrations of NaCl (0, 7, 15 and 30 mg/ml). In control medium also contained oil. Decrease of n-alkanes was determined after 3, 8, 15 and 30 days by gas chromatography-spectrometry apparatus "Agilent, 6890 GC, 5973 MSD".

In the experiment with the mixture of microorganisms Kara Sea (№1) quantity of n-alkanes in the medium without the addition of NaCl for 30 days decreased by 30%. With increasing NaCl concentrations observed slowing of conversion of n-alkanes. In experiments with a mixture of Baikal microorganisms (№2) or in a medium with different (№3) concentrations NaCl (7-15 mg/ml) detected almost complete conversion of normal hydrocarbons within 30 days of the experiment. In medium without NaCl or with high its concentration (30 mg/mL) observed slowing of conversion of n-alkanes. Thus, for 8 days of culturing mixture Baikal bacteria (№2) at a concentration NaCl of 30 mg/ml and without NaCl amount of n-alkanes decreased by 40-50%, whereas increasing the concentration 7 and 15 mg/ml normal hydrocarbons conversion during the same time period amount 80-95%.

Analysis chromatogram showed absence peaks of n-alkanes, however were saved peak isoprenoids and naphthene-aromatic hump, indicating complete degradation of n-alkanes. This result showed that the amounts of PAHs in the experimental mixture were saved for the 30 days of experiment, including dominant arenas - naphthalenes and phenanthrenes. Thus, according to Michel and Hayes, 1999 conversion of n-alkanes is result of microbiological degradation, whereas easily degradation n-alkanes, then iso-alkanes and aromatics hydrocarbons.

The work is performed within the program of RAS Presidium, Project 23.9.

ИССЛЕДОВАНИЕ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ДЕГРАДАЦИИ АЛКАНОВОЙ ФРАКЦИИ НЕФТИ КУЛЬТИВИРУЕМЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ ДОННЫХ ОСАДКОВ КАРСКОГО МОРЯ

Мамаева Е.В., Губарев П.С., Сулова М.Ю., Горшков А.Г., Земская Т.И.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

elena_m@lin.irk.ru

В связи с освоением запасов углеводородов шельфовой зоны Арктики изучение микробных сообществ северных морей становится актуальным и важным. Пробы донных осадков шельфа Карского моря и Енисейского залива были отобраны в ходе экспедиции в 2009 г. Из осадков были выделены чистые культуры микроорганизмов, для которых была определена структура нуклеотидных последовательностей фрагмента гена 16S рРНК (Сулова, 2012). Штаммы были проверены на способность к деградации n-алканов нефти в условиях различной солености. Для проведения эксперимента была приготовлена бактериальная смесь штаммов чистых культур *Bacillus* sp., *Brevibacillus laterosporus*, *Aeromonas piscicola* и *Plantibacter* sp., далее именуемая смесь №1. Для сравнения были взяты чистые культуры байкальских бактерий, изолированных из водной толщи и донных осадков района естественных нефтепроявлений м. Горево Утес (*Microbacterium* sp., *Paenibacillus* sp., *Rhodococcus* sp.) и района грязевых вулканов Кукуйского каньона (*Rhodococcus* sp.). Байкальские штаммы представлены в эксперименте смесью №2. Экспериментальная смесь №3 состояла из смесей №1 и №2.

Модельный эксперимент проводили в лабораторных условиях на минеральной среде с добавлением нефти в трех сериях. Каждая серия включала образцы с добавлением в среду разных концентраций NaCl (0,7, 15 и 30 мг/мл), в качестве контроля использовали смесь среды и нефти. Убыль n-алканов определяли через 3, 8, 15 и 30 суток методом хроматомасс-спектрометрии на приборе "Agilent, 6890 GC, 5973 MSD".

В результате эксперимента со смесью микроорганизмов Карского моря (№1) количество n-алканов в среде без добавления NaCl уменьшилось за 30 дней на 30 %. При увеличении концентраций NaCl отмечалось замедление процесса конверсии n-алканов. В опытах со смесью байкальских микроорганизмов (№2) или в среде со смесью (№3) при концентрациях 7–15 мг/мл NaCl обнаружена практически полная конверсия нормальных углеводородов за 30 дней эксперимента. При отсутствии NaCl или увеличении концентрации до 30 мг/мл отмечалось замедление процесса конверсии n-алканов. Так, за 8 дней культивирования микроорганизмов смесь байкальских бактерий (№2) при концентрации 30 мг/мл и без добавления NaCl количество n-алканов уменьшилось на 40-50%, тогда как при увеличении концентрации до 7–15 мг/мл конверсия нормальных углеводородов за тот же интервал времени достигала 80-95%.

Анализ полученных хроматограмм показал отсутствие пиков n-алканов при сохранении

пиков изопrenoидов и нафтено-ароматического горба, что свидетельствует о полной деградации *n*-алканов. Также следует отметить, что количество ПАУ в экспериментальной смеси за 30 дней эксперимента сохранялось, включая доминирующие арены - нафталины и фенантрены. Таким образом, согласно Michel and Hayes, 1999 конверсия *n*-алканов была результатом их микробиологической деградации, в результате которой наиболее легко деградируют *n*-алканы, затем изо-алканы и ароматические соединения.

Работа выполнена при поддержке проекта 23.9 программы Президиума РАН.

SOME MORPHOLOGICAL AND GENETIC-BIOCHEMICAL PECULIARITIES OF WHITEFISHES FROM LAKE BAIKAL AND THE AMUR RIVER

Mamontov A.M., Yakhnenko V.M.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

mamontov@lin.irk.ru

Amur whitefish *C. ussuriensis* is similar in some features to omul, Siberian whitefish and lacustrine whitefishes of Lake Baikal from the group *lavaretus*. Raker number in the Amur whitefish is 29.5, in the multirakered Baikal lacustrine whitefish they are 29.5-30. Main differences are in large fin size in the Amur whitefish and in the number of vertebrae: 60.2 in Amur whitefishes, ca. 61.5 in Baikal omul, 63 in lacustrine whitefishes and ca. 64 in the populations of Siberian whitefish from Lake Baikal. However, this phenomenon can be explained by the decrease of vertebra number in the Siberian *pidschian* from 64-65 in northern populations up to 61-62 in southern ones. True Baikal coregonids form a genetically integrated group. They are genetically different with whitefishes from the Lena River (Sukhanova, 2004). Siberian whitefish-*pidschian* from Lake Baikal is analogous to that (*C. fluviatilis* Isachenko) from the Yenisei River. Electrophoresis analysis was used for fresh frozen tissues of muscles, liver, eyes of the Amur whitefish *C. ussuriensis* (5 specimens) and of Baikal (from the Barguzin River, 12 specimens), lacustrine whitefish (from Chivyrkuy Bay, 8 specimens), omul (deep-water species from the Bolshaya River, 15 specimens) in vertical polyacrylamide gel blocks. Genetic variability was interpreted from the majority of loci according the schemes for whitefish. Isoenzymatic analysis showed the similarity of phenotypic manifestation and electrophoretic mobility in such loci as hepatic ones: *ADH**, *sMEP-A1,2**, *EST-1**, *ESTD*-B*, *LDH-B1**, *LDH-B2**, *sMDH-A1,2**, muscular ones: *LDH-A1**, *LDH-A2**, *sMEP-B1,2**, ocular one *LDH-C**, muscular and hepatic ones: *sSOD*-1*, *s-SOD*-2*. In the muscular locus *ESTD-A**, Baikal lacustrine whitefish and omul had the main phenotype *ESTD*-A* (80/80) and *ESTD-A** (100/100) in the Amur whitefish and Baikal *pidschian*. The locus *CK-1,2** in the studied fishes was represented by two stripes of expression of kreatinphosphokynase with relative electrophoretic mobility 100 and 134. In Baikal whitefish the dominant phenotype was *CK-1,2** (100/100) and *CK-1,2** (134/134) in the Amur whitefish. Duplicated locus *sMDH-B1,2** in the Baikal *pidschian* was represented by the dominant phenotype *sMDH-B1,2** (78/78/78/78), whilst in other whitefishes by *sMDH-B1,2** (100/100/100/100). Allele with mobility of 120 was detected in the hepatic locus *6PGDH*B* of the Amur whitefish, whereas it was not recorded in the Baikal whitefishes either in the present study or in the earlier ones. Hence, according to the suppositions of G. Shaposhnikova (1968, 1976), I. Cheresheva (1998) and N. Gordon (2005), contradicting conclusions on the possible way of formation of the Amur whitefish *C. ussuriensis* also need further confirmation.

НЕКОТОРЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИКО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИГОВ БАЙКАЛА И АМУРА

Мамонтов А.М., Яхненко В.М.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

mamontov@lin.irk.ru

Амурский сиг *C. ussuriensis* по отдельным признакам сходен с байкальскими омулем, пыжьяном и с озерными сигами группы *lavaretus*. Число жаберных тычинок у амурского сига: 29,5, у многотычинкового байкальского озерного сига 29,5-30. Основные различия обнаруживаются в больших размерах плавников у амурского и по числу позвонков: у амурского 60,2, у байкальских омулей – около 61,5, озерных сигов – 63 и у популяций байкальского пыжьяна около 64. Но этот феномен можно объяснить закономерным уменьшением числа позвонков у пыжьяновидных сигов Сибири с 65 на севере до 61-62 у южных популяций. Собственно байкальские сиговые генетически монолитная группа. С ленскими сигами они имеют ряд различий (Суханова, 2004). Байкальский пыжьян по происхождению связан с енисейским горбоносим сигом-пыжьяном Исаченко. Электрофоретический анализ проведен на свежемороженых тканях мышц, печени, глаз амурского сига *C. ussuriensis* (5 экз) и

байкальских: пыжьяна (р. Баргузин, 12 экз.), озерного сига (Чивыркуйский залив, 8 экз.), омуля (глубоководный из р. Большая Речка, 15 экз.) в вертикальных блоках полиакриламидного геля. Интерпретацию выявленной генетической изменчивости по большинству локусов проводили по известным для сиговых рыб схемам. Изоферментный анализ показал сходство фенотипического проявления и электрофоретической подвижности в печеночных: *ADH**, *sMEP-A1,2**, *EST-1**, *ESTD*-B*, *LDH-B1**, *LDH-B2**, *sMDH-A1,2**, мышечных: *LDH-A1**, *LDH-A2**, *sMEP-B1,2**, глазных *LDH-C**, мышечных и печеночных: *sSOD*-1*, *s-SOD*-2* локусов. В мышечном локусе *ESTD-A** у байкальских озерного сига и омуля основным фенотипом был *ESTD*-A* (80/80), у амурского сига и байкальского пыжьяна – *ESTD-A** (100/100). Локус *СК-1,2** у исследованных рыб представлен двумя полосами экспрессии креатинфосфокиназы с относительной электрофоретической подвижностью 100 и 134. У байкальского сига преобладающим фенотипом является *СК-1,2** (100/100), у амурского сига – *СК-1,2** (134/134). Дуплицированный локус *sMDH-B1,2** у байкальского пыжьяна представлен преобладающим фенотипом *sMDH-B1,2** (78/78/78/78), у остальных исследованных сигов – *sMDH-B1,2** (100/100/100/100). В печеночном локусе *6PGDH*B* у амурского сига выявлен аллель с подвижностью 120, у байкальских сигов он не выявлен ни в настоящем, ни в более ранних исследованиях. Таким образом, по исследованным параметрам связь амурского сига *C. ussuriensis* с сигами байкало-енисейской группы не выявлена. Это согласуется с выводами Шапошниковой Г.Х. (1968, 1976) и Черешнева И.А. (1998) о возможном пути формирования амурского сига *C. ussuriensis*.

БИОТИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЕМКОСТЬ ИНТЕНСИВНО ОСВАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Мазина И.Г.

Уральский Государственный Лесотехнический Университет, г. Екатеринбург, Россия
mazinairina@list.ru

Современная цивилизация из осколков независимых культур превратилась в единую высоко интегрированную систему, эффективно преобразующую среду своего обитания. Скорость научно-технического прогресса на пять порядков превышает скорость естественных процессов в биосфере, а направляемая по преимуществу силами рынка экономика воплощает новые природоразрушающие технологии в хозяйственной практике. Столкновение цивилизации с биосферой – результат противоречия между долгосрочными процессами, протекающими в биосфере и краткосрочными интересами современной экономики.

В прошлом основным ограничителем роста был капитал, созданный человеком, сейчас эту роль все более начинает выполнять "капитал" природный: в рыболовстве – репродуктивные возможности популяций рыб, а не число рыболовецких судов, в лесном хозяйстве – площадь лесов, а не технологические линии и машины, в недродобыче – доступные запасы ресурсов, а не мощности предприятий по их добыче и переработке.

Эколого-социальный кризис, вызванный столкновением экономики с внешними границами роста породил представление об устойчивом развитии – развитии общества внутри пределов ёмкости биосферы.

В концепции устойчивого развития понятие хозяйственной ёмкости биосферы как важнейшего индикатора материальной человеческой деятельности занимает одно из ключевых мест, вооружая нас инструментом важнейшего количественного подхода.

Как и любой другой вид на Земле, человечество существует в рамках определенного энергетического коридора, характеризующегося той максимальной долей от общего энергопотока в биоте, которую оно может использовать на свои нужды без риска возмущения окружающей среды. Цель работы – определить рамки этого энергетического коридора.

Измерения, проведенные в ненарушенных природных экосистемах, отличающихся высокой степенью замкнутости круговорота биогенов, показали четкую закономерность в распределении этого потока энергии по трем основным группам организмов – бактерий и грибов, насекомых и животных, в т. ч. и человека, одинаково прослеживаемую в самых разных природных сообществах (Горшков, 1995).

Так, например, было установлено, что более 90% растительной органики в естественных экосистемах потребляется бактериями, грибами и простейшими, играющими вместе с тем ведущую роль в механизме биотической регуляции. Что же касается остальной части этого энергопотока, то почти вся она (около 10%) потребляется мелкими беспозвоночными – членистоногими, червями, моллюсками и т.п. На долю же крупных позвоночных животных, ответственных за более тонкую функциональную настройку природных сообществ, приходится менее 1% циркулирующей в биоте энергии. И человек со всеми его домашними животными, разумеется, также входит в эту однопроцентную группу.

Указанные характеристики отличаются высокой стабильностью, то есть сохраняют, или, по крайней мере, сохраняли до недавнего времени, свои значения в очень узком интервале возможных колебаний на протяжении десятков миллионов лет (Горшков, 1980, 1995). Их резкие, с учетом палеоэкологических данных, отклонения от интервалов устойчивости стали фиксироваться лишь в последнее столетие, что на несколько порядков превышает скорость подобных изменений в естественно-эволюционных условиях.

Хозяйственная ёмкость (другие ее названия – ассимилирующая, несущая ёмкость, carrying capacity) природных экосистем и биосферы в целом – своего рода интеграл того предельного антропогенного воздействия, превышение которого приводит ее в возмущенное состояние и угрожает необратимой деградацией.

Размер последней может быть выражен в единицах массы органического углерода (тоннах), мощности (Вт) или энергии (джоулях), адекватных количеству биомассы, произведенной растениями на данной территории за год, за вычетом трат на поддержание и рост самих растений. А исходя из оценки суммарной массы органического углерода, мы получим величину в 1,6·10⁹ тС/год, или 1-1,6 ГтС/год.

В настоящее время площадь нарушенных экосистем в мире достигает 63%, что соответствует потреблению человеком более 10 % чистой первичной продукции биосферы.

Отдавая человеку тот самый округленный 1% от общего энергопотока, приходящегося на долю всех обитающих на Земле крупных животных, эта теория как бы очерчивает в первом приближении границы энергетического коридора, в который должна вписываться человеческая цивилизация, озабоченная сохранением стабильности окружающей планетарной среды.

ANALYSIS OF UNICELLULAR EUKARYOTIC ASSEMBLAGES IN THE EPILIMNION OF LAKE BAIKAL USING PYROSEQUENCING OF 18S rRNA GENE FRAGMENTS

**Mikhailov I.S., Zakharova Yu.P., Galachyants Yu.P., Petrova D.P.,
Likhoshway Ye.V.**

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

mikhailov@lin.irk.ru

Epilimnion of aquatic systems is a niche in which microalgae, heterotrophic protozoa and bacteria develop intensely. The analysis of microorganism diversity in the aquatic ecosystems helps understand the role of some groups of organisms in the ecosystem. The composition of phytoplankton (Popovskaya *et al.*, 2006) and protozooplankton (Obolkina, 2006) is traditionally analyzed with light microscopy. Several representatives of dinoflagellates (Annenkova *et al.*, 2009) and green algae (Belykh *et al.*, 2000) were identified analyzing the 18S rRNA gene. No other methods except pyrosequencing of 18S rRNA gene fragments helps identify microscopic eukaryotes while analyzing total DNA of natural communities (Jones *et al.*, 2013).

The aim of this study was to determine the structure and genetic diversity of unicellular eukaryotic assemblages in the epilimnion of Lake Baikal using pyrosequencing of 18S rRNA gene fragments. The water was sampled in early June 2012 at 30 sites of Lake Baikal from the depths of 0-25 m using a SBE carousel sampler. Integral water samples (0-25 m) were settled onto 0.2 µm filters. DNA was isolated from the deposited biomass. The V3 fragment of 18S rRNA gene was amplified with primers F (ATTAGGGTTCGATTCGGAGAGG) and R (CTGGAATTACCGCGGSTGCTG) (Nolte *et al.*, 2010). Amplicons were sequenced on a genome sequencer GS FLX 454 (Roche, USA). Pyrosequencing data were treated with software Mothur 1.19.0 (Schloss *et al.*, 2009).

After alignment, pre-clustering and removal of chimeric sequences, from 30 samples, 260.064 sequences belonging to the unicellular *Eukaryota* with an average length of 180 b.p. were obtained. We determined 2.442 OTU (operational taxonomic units) with a genetic distance 0.03, among which 1.438 OTU belonged to the single sequences (singletons).

Sequences of 18S rRNA gene fragments in the samples belonged to the phyla *Dinophyta* (24.1% of total number of sequences in all samples), *Ochrophyta* (16%), *Ciliophora* (8.3%), *Chlorophyta* (9.2%), *Cryptophyta* (5.7%), *Haptophyta* (4%), *Cercozoa* (2.8%), *Katablepharidophyta* (0.7%), *Choanozoa* (0.6%), *Bigyra* (0.1%); the kingdom *Fungi* (7.3%); unclassified *Eukaryota* (15.9%), taxa with low number of sequences, and singletons (5%). The sequence ratio of taxa in the *Eukaryota* domain was differing. Dinoflagellates were represented mainly by the genus *Gyrodinium* and unclassified *Dinophyceae*; ciliates by the genera *Halteria*, *Stokesia*, *Tintinnidium*, *Tintinnopsis*, and *Strombidium*; chrysophytes by the genus *Spumella* and unclassified *Chrysophyceae*; eustigmatophytes by the genus *Nannochloropsis*; *Dictyochoephyceae* by the genus *Apedinella*; diatoms by the genus *Synedra*; and synurophytes by the genus *Chrysosphaerella*. The phylum *Chlorophyta* included the genera *Koliella* and *Chlamydomonas*; *Cryptophyta* the genera *Teleaulax*, *Cryptomonas*, and *Chroomonas*; *Haptophyta* the

genus *Chrysochromulina*; *Cercozoa* the family *Thaumatostigidae* and unclassified *Cercozoa*; *Katablepharidophyta* consisted of the family *Katablepharidaceae*; *Choanozoa* of the genus *Sphaeroeca*; and *Bigyra* of the order *Bicosoecida*. The kingdom *Fungi* was represented by the phyla *Chytridiomycota* (order *Rhizophydiales* and family *Spizellomycetaceae*) and *Basidiomycota* (genus *Cryptococcus*) and unclassified *Fungi*.

Hence, the structure of the communities of unicellular eukaryotes of Lake Baikal was for the first time characterized using metagenomic analysis. This helps gain wider knowledge on diversity of microorganisms in the lake.

The work was supported by project VI.61.14.

References

- Annenkova N.V., Belykh O.I., Denikina N.N., Belikov S.I. 2009. Identification of dinoflagellates from Lake Baikal based on molecular-genetic data. Dokl. AN. 426(4). 559-562.
- Belykh O.I., Semenova E.A., Kuznedelov K.D., Zaika E.I., Gusel'nikova N.E. 2000. A eukaryotic alga from picoplankton of Lake Baikal: morphology, ultrastructure and rDNA sequence data. Hydrobiologia. 435. 83-90.
- Jones A.C., Liao T.S.V., Najar F.Z., Roe B.A., Hambricht K.D., Caron D.A. 2013. Seasonality and disturbance: annual pattern and response of the bacterial and microbial eukaryotic assemblages in a freshwater ecosystem. Environ Microbiol. 15. 2557-2572.
- Nolte V., Pandey R.V., Jost S., Medinger R., Ottenwalder B., Boenigk J., Schlotterer C. 2010. Contrasting seasonal niche separation between rare and abundant taxa conceals the extent of protist diversity. Molecular Ecology. 19. 2908-2915.
- Obolkina L.A. 2006. Planktonic ciliates of Lake Baikal. Hydrobiologia. 568. 193-199.
- Popovskaya G.I., Likhoshvay Ye.V., Genlkal S.I., Firsova A.D. 2006. The role of endemic diatom algae in the phytoplankton of Lake Baikal. Hydrobiologia. 568. 87-94.
- Schloss P.D., Westcott S.L., Ryabin T., Hall J.R., Hartmann M., Hollister E.B., et al. 2009. Introducing mothur: open-source, platform-independent, community-supported software for describing and comparing microbial communities. Appl Environ Microbiol. 75. 7537-7541.

АНАЛИЗ СООБЩЕСТВ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ЭУКАРИОТ ЭПИЛИМНИОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ МЕТОДОМ ПИРОСЕКВЕНИРОВАНИЯ ФРАГМЕНТОВ ГЕНА 18S рРНК Михайлов И.С., Захарова Ю.Р., Галачьянц Ю.П., Петрова Д.П., Лихошвай Е.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
mikhailov@lin.irk.ru

Эпилимнион водных экосистем представляет нишу, в которой массово развиваются микроводоросли, гетеротрофные простейшие и бактерии. Анализ разнообразия микроорганизмов водных экосистем способствует пониманию роли отдельных групп организмов в экосистеме. В озере Байкал состав фитопланктона (Popovskaya *et al.*, 2006) и протозоопланктона (Obolkina, 2006) традиционно определяют с помощью световой микроскопии. Несколько представителей динофлагеллят (Анненкова и др., 2009) и зеленых микроводорослей (Belykh *et al.*, 2000) идентифицировано при анализе гена 18S рРНК. Анализ суммарной ДНК природных проб с помощью пиросеквенирования фрагментов гена 18S рРНК позволяет идентифицировать микроскопические эукариоты, не доступные для исследования с помощью других методов (Jones *et al.*, 2013).

Целью работы было с помощью пиросеквенирования ампликонов фрагментов гена 18S рРНК определить структуру и генетическое разнообразие сообществ одноклеточных эукариот эпилимниона озера Байкал. Пробы воды отбирали системой батометров карусели SBE с глубин 0-25 м на 30 станциях озера Байкал в начале июня 2012 г. Интегральные пробы воды (0-25 м) осаждали на фильтрах с диаметром пор 0,2 мкм, из осажденной биомассы выделяли суммарную ДНК. Амплификацию V3 участка гена 18S рРНК проводили с праймерами F (ATTAGGGTTTCGATTCCGGAGAGG) и R (CTGGAATTACCGCGGSTGCTG) (Nolte *et al.*, 2010). Ампликоны секвенировали на геномном секвенаторе GS FLX 454 (Roche, USA). Данные пиросеквенирования анализировали с помощью пакета программного обеспечения Mothur 1.19.0 (Schloss *et al.*, 2009).

В результате пиросеквенирования ампликонов фрагментов гена 18S рРНК, после выравнивания, пре-кластеризации, удаления химерных последовательностей для 30 образцов было получено 260064 последовательности средней длиной 180 н. о., принадлежащих одноклеточным *Eukaryota*. Для всех образцов определено 2442 ОТЕ (операционных таксономических единиц) с

генетической дистанцией 0.03, из которых 1438 ОТЕ принадлежало единичным последовательностям (синглетонам).

В образцах последовательности фрагментов гена 18S рРНК принадлежали типам *Dinophyta* (24,1% от общего количества последовательностей во всех образцах), *Ochrophyta* (16%), *Ciliophora* (8,3%), *Chlorophyta* (9,2%), *Cryptophyta* (5,7%), *Haptophyta* (4%), *Cercozoa* (2,8%), *Katablepharidophyta* (0,7%), *Choanozoa* (0,6%), *Bigyra* (0,1%), представителям царства *Fungi* (7,3%), неклассифицированным *Eukaryota* (15,9%), таксонам с небольшим количеством последовательностей и синглетонам (5%). Соотношение последовательностей таксонов домена *Eukaryota* в образцах было различным. Динофлагелляты были представлены, в основном, родом *Gyrodinium* и неклассифицированными *Dinophyceae*; инфузории – родами *Halteria*, *Stokesia*, *Tintinnidium*, *Tintinnopsis*, *Strombidium*; хризофитовые водоросли – родом *Spumella* и неклассифицированными *Chrysophyceae*; эустигматофитовые водоросли – родом *Nannochloropsis*; *Dictyochophyceae* – родом *Apedinella*; диатомовые водоросли – родом *Synedra*; синуровые водоросли – родом *Chrysosphaerella*. Тип *Chlorophyta* был представлен родами *Koliella* и *Chlamydomonas*; *Cryptophyta* – родами *Teleaulax*, *Cryptomonas*, *Chroomonas*; *Haptophyta* – родом *Chrysochromulina*; *Cercozoa* – семейством *Thaumatomastigidae* и неклассифицированными *Cercozoa*; *Katablepharidophyta* – семейством *Katablepharidaceae*, *Choanozoa* – родом *Sphaeroeca*, *Bigyra* – порядком *Bicosoecida*. Царство *Fungi* было представлено типами *Chytridiomycota* (порядок *Rhizophydiales*, семейство *Spizellomycetaceae*), *Basidiomycota* (род *Cryptococcus*) и неклассифицированными *Fungi*.

Таким образом, впервые с помощью метагеномного анализа охарактеризована структура сообществ одноклеточных эукариот в озере Байкал, что расширяет представление о разнообразии микроорганизмов в озере.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта VI.61.14.

- Belykh O.I., Semenova E.A., Kuznedelov K.D., Zaika E.I., Gusel'nikova N.E. 2000. A eukaryotic alga from picoplankton of Lake Baikal: morphology, ultrastructure and rDNA sequence data. *Hydrobiologia*. 435. 83–90.
- Jones A.C., Liao T.S.V., Najjar F.Z., Roe B.A., Hambright K.D., Caron D.A. 2013. Seasonality and disturbance: annual pattern and response of the bacterial and microbial eukaryotic assemblages in a freshwater ecosystem. *Environ Microbiol*. 15. 2557-2572.
- Nolte V., Pandey R.V., Jost S., Medinger R., Ottenwalder B., Boenigk J., Schlotterer C. 2010. Contrasting seasonal niche separation between rare and abundant taxa conceals the extent of protist diversity. *Molecular Ecology*. 19. 2908-2915.
- Obol'kina L.A. 2006. Planktonic ciliates of Lake Baikal. *Hydrobiologia*. 568. 193-199.
- Popovskaya G.I., Likhoshvay Ye.V., Genlkal S.I., Firsova A.D. 2006. The role of endemic diatom algae in the phytoplankton of Lake Baikal. *Hydrobiologia*. 568. 87-94.
- Schloss P.D., Westcott S.L., Ryabin T., Hall J.R., Hartmann M., Hollister E.B., et al. 2009. Introducing mothur: open-source, platform-independent, community-supported software for describing and comparing microbial communities. *Appl Environ Microbiol*. 75. 7537-7541.
- Анненкова Н.В., Белых О.И., Деникина Н.Н., Беликов С.И. 2009. Идентификация представителей динофлагеллят озера Байкал на основе молекулярно-генетических данных. Доклады Академии наук. 426(4). 559-562.

THE MECHANISM OF LONG-TERM EVOLUTION OF THE CARBON CYCLE OF THE SEVASTOPOL BAY ECOSYSTEM

Moiseenko O.G., Orekhova N.A. Medvedev E.V.

Marine Hydrophysical Institute
eugene.medvedev1984@gmail.com

Coastal areas, where there is a contact of the sea, land and air, are the most intensive area occurring biogeochemical processes, including carbon exchange. Nowadays these areas are under anthropogenic load, contributing to the transformation of the carbon cycle.

The object of study is Sevastopol bay – semi-closed water area of the estuarine type where there is the growth of human impact.

The purpose of the study – the research of the water carbonate system components long-term dynamics, content of organic and inorganic carbon in the sediments of Sevastopol Bay according to research of 1998-2008 years.

The most representative property of the water carbonate system determining the direction of the carbon dioxide exchange between the atmosphere and water is a $p\text{CO}_2$.

The conducted researches have shown that the average of $p\text{CO}_2$ values in the surface and bottom layers of the Sevastopol Bay was generally lower than the atmospheric partial pressure of carbon dioxide.

Since 1998 till 2005 $p\text{CO}_2$ steady growth was observed, the average annual value of which in the surface layer of water has increased by 50 μatm . In the bottom layer the value of $p\text{CO}_2$ was higher than in the surface waters in average by 12%.

In summer the values of the partial pressure in the bottom layer was higher than atmospheric $p\text{CO}_2$ and $p\text{CO}_2$ in the surface layer of water. In winter the equilibrium $p\text{CO}_2$ in both layers was lower than in the atmosphere, however, in the bottom layer it was mostly higher than in the surface. Seasonal differences of equilibrium $p\text{CO}_2$ values were more pronounced in the bottom layer, where the difference was in average more than 160 μatm whereas in the surface layer - only 20 μatm .

Organic and carbonate components of the cycle of transformation of CO_2 are distinguished in the biochemical process of the carbon cycle. In order to determine the priority of C_{org} and CaCO_3 production the «rainratio parameter» γ was used. This parameter varies from zero to unity. If $\gamma = 0$, only carbon organic forms formed in the bottom sediments. If $\gamma = 1$, only CaCO_3 is formed.

In 2003-2008 years the value of γ decreased from 0.57 in 2003 to 0.46 in 2008, indicating the preferential C_{org} formation in sediments, thus the organic component of the cycle dominates, making the bay sink of CO_2 .

Although approximately equal to the correlation of organic and inorganic carbon ($\gamma = 0,46$) accumulation, analysis of the spatial distribution of the parameter γ has shown that C_{org} accumulation process mostly predominates in the bigger area of the bottom sediments of the bay, and only on its there is a process of CaCO_3 intensive accumulation.

The dependence between C_{org} and the intensity of sulfate reduction, pointed out by Romankevich for the bottom sediments of Pacific Ocean is also inherent for bottom sediments of Sevastopol Bay. Mentioned peculiarities of the environment state have led to the formation of wide zone of reduced sediments ($E_{\text{his}} +20 \dots -130 \text{ mV}$) in the surface layer (0-5 cm).

The performed analysis shows the higher values of TCO_2 and $p\text{CO}_2$ in the bottom layer of the Sevastopol Bay in comparison with the surface layer. Thus the bottom layer is a source of $p\text{CO}_2$ for the surface layer.

In Sevastopol Bay there is the absorption of CO_2 from the atmosphere, the amount of flow is increased during the observation period. These processes combined with a high amount of nutrients and well-lit pool lead to the deposition and accumulation of organic carbon in sediments.

Ultimately, such processes is the reason of the pH recession and, consequently, the transformation of the oxidizing environmental conditions into reducing, which contributes to the process of sulfate reduction, accompanied by the formation of hydrogen sulfide and anaerobic zones in the water bottom layer and the upper layer of the bottom sediment.

МЕХАНИЗМ МНОГОЛЕТНЕЙ ЭВОЛЮЦИИ ЦИКЛА УГЛЕРОДА ЭКОСИСТЕМЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

Моисеенко О.Г., Орехова Н.А., Медведев Е.В.

Морской гидрофизический институт РАН

eugene.medvedev1984@gmail.com

Прибрежные районы, где происходит контакт моря, суши и атмосферы, являются зоной наиболее интенсивно протекающих биогеохимических процессов, в том числе и углеродного обмена. Сейчас на эти районы оказывается выраженная антропогенная нагрузка, способствующая трансформации цикла углерода.

Объектом исследования выбрана Севастопольская бухта – полузамкнутая акватория эстуарного типа, в которой прослеживается рост антропогенного воздействия

Цель работы – изучение многолетней динамики компонентов карбонатной системы вод, содержания органического и неорганического углерода в донных осадках Севастопольской бухты по данным исследований 1998-2008 гг.

Самым репрезентативным параметром карбонатной системы вод, определяющим направление обмена углекислым газом между атмосферой и водой, является $p\text{CO}_2$.

Проведенные исследования показали, что среднегодовые значения равновесного $p\text{CO}_2$ в поверхностном и придонном слоях Севастопольской бухты, как правило, были ниже атмосферного парциального давления углекислого газа. С 1998 г. по 2005 г. прослеживался устойчивый рост $p\text{CO}_2$, среднегодовое значение которого в поверхностном слое вод выросло на 50 мкатм. Значения $p\text{CO}_2$ в придонном слое были выше, чем в поверхностных водах, в среднем на 12%.

В летний период значения парциального давления в придонном слое были выше атмосферного $p\text{CO}_2$ и $p\text{CO}_2$ в поверхностном слое вод. В зимний период равновесное $p\text{CO}_2$ в обоих слоях было ниже, чем в атмосфере, однако в придонном слое зимой большей частью было выше, чем в поверхностном. Сезонные отличия значений равновесного $p\text{CO}_2$ были ярче выражены в

придонном слое, где разница составила в среднем более 160 мкатм, для поверхностного – всего 20 мкатм.

В биохимическом процессе углеродного цикла различают органическую и карбонатную составляющие цикла трансформации CO_2 . Для определения приоритета образования CaCO_3 или $\text{C}_{\text{орг}}$ нами использовался «rain ratio parameter» γ . Этот параметр изменяется от нуля до единицы. При $\gamma = 0$, в донных осадках образуется только органическая форма углерода. Если же $\gamma=1$, образуется только CaCO_3 .

В 2003-2008 гг. значение γ , уменьшилось с 0,57 в 2003 г. до 0,46 в 2008 г., что свидетельствует о преимущественном образовании $\text{C}_{\text{орг}}$ в донных осадках, таким образом, преобладает органическая составляющая цикла, что делает бухту стоком CO_2 .

Несмотря на примерно равное соотношение накопления органического и неорганического углерода ($\gamma = 0,46$), анализ пространственного распределения параметра γ показал, что на большей части площади донных осадков бухты преобладает процесс накопления $\text{C}_{\text{орг}}$ и только на выходе из нее идет процесс интенсивного накопления CaCO_3 .

Зависимость между $\text{C}_{\text{орг}}$ и интенсивностью сульфатредукции, отмеченная Романкевичем для донных осадков Тихого океана присуща и донным осадкам Севастопольской бухты. Отмеченные особенности состояния среды привели к формированию в поверхностном слое (0-5 см) обширной зоны восстановленных осадков (Eh равен +20 ... -130 мВ).

Проведенный анализ показал более высокие значения TCO_2 и $p\text{CO}_2$ в придонном слое Севастопольской бухты в сравнении с поверхностным слоем. Таким образом придонный слой является источником CO_2 для поверхностного.

В Севастопольской бухте отмечается поглощение CO_2 из атмосферы, величина потока которого возросла на протяжении наблюдаемого периода. Эти процессы в сочетании с высоким количеством биогенных элементов и хорошей освещенностью бассейна ведут к отложению и накоплению $\text{C}_{\text{орг}}$ в донных осадках.

В конечном итоге описанные процессы являются причиной снижения pH и, как следствие, перехода окислительных условий среды в восстановительные, что способствует протеканию процессов сульфатредукции, сопровождающемуся образованием сероводорода и анаэробных зон в придонном слое вод и верхнем слое донных отложений.

ASSESSMENT OF TRANSPORT OF ANTHROPOGENIC IMPURITIES FROM ATMOSPHERE ONTO THE WATER AREA OF SOUTHERN BAIKAL

Molozhnikova Ye.V, Netsvetaeva O.G., Golobokova L.P.,
Obolkin V.A., Khodzher T.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
yelka75@yandex.ru

The authors estimated the effect of regional sources of atmospheric emission on the state of atmosphere above the water area of Southern Baikal. Atmosphere composition was investigated in the industrial centers of Pribaikalye and on the coast of Southern Baikal. To assess spatial transport of impurities above Lake Baikal, the authors analyzed distribution of atmospheric precipitation in the snow cover (a detailed snow survey from the lake ice). Intensity of deposition of impurities in Southern Baikal was modelled with a Hybrid Single - Particle Lagrangian Integrated Trajectory model (HYSPLIT).

The work was aimed at assessing the effect of emission of components acidified by regional sources on the state of atmosphere above the water area in Southern Baikal. We used model estimates and observation data on chemical composition of minor trace gases, atmospheric aerosol, atmospheric precipitation and snow cover.

The authors also studied consequences of the long-distance transport of anthropogenic sulfur and nitrogen oxides (pH decrease) of atmospheric precipitation. Mathematical modelling showed that the main transport of acid-forming gases is directed from large regional coal heat power stations located in Irkutsk and Angarsk towards the Angara River outlet (Station Listvyanka) and further to the Snezhnaya and Pereemnaya rivers on the eastern coast of the lake. Based on the calculated and experimental data, emission contribution (sulfur and nitrogen compounds) was quantified. These compounds reached the basin of Lake Baikal emitted from stationary sources of Pribaikalye.

Transport of atmospheric impurities from large local sources of Pribaikalye was studied with HYSPLIT. In 60% cases, emissions from stationary sources of Pribaikalye were transported towards Southern Baikal. Mathematical modelling estimated the amount of acidifying components (mineral sulfur and nitrogen emitted to the atmosphere of Southern Baikal.

The pH values, concentrations of sulfates and nitrates in atmospheric precipitation and snow cover, sulfur and nitrogen oxides in atmosphere, sulfate and nitrate in atmospheric aerosol were measured

in industrial centers of Pribaikalye and on the coast of Southern Baikal. Based on the data obtained, we calculated annual deposition of sulfate and nitrate from atmosphere onto the water area of Southern Baikal. The data of field observations were in agreement with the results of mathematical modelling.

The work was supported by scientific program VIII.76.1.5.

ОЦЕНКА ПЕРЕНОСА АНТРОПОГЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ АТМОСФЕРЫ НА АКВАТОРИЮ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

**Моложникова Е.В., Нецветаева О.Г., Голобокова Л.П.,
Оболкин В.А., Ходжер Т.В.**

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
yelka75@yandex.ru

В работе проведена оценка воздействия региональных источников атмосферных выбросов на состояние атмосферы над акваторией Южного Байкала. Обобщены данные исследований состава атмосферы, выполненные в промышленных центрах Прибайкалья и на побережье юга Байкала. Для оценки пространственных масштабов переноса примесей на Байкал проанализировано распределение атмосферных выпадений в снежном покрове (приведена детальная снегосъемка со льда озера). Оценка интенсивности осаждения загрязняющих веществ в регионе Южного Байкала произведена с помощью модели (HYSPLIT).

Целью работы являлась оценка влияния выбросов закисляющих компонентов региональными источниками на состояние атмосферы над акваторией Южного Байкала. Для этого использованы модельные расчеты и данные наблюдений за химическим составом малых газовых примесей, атмосферного аэрозоля, атмосферных осадков и снежного покрова.

В работе отражено последствие дальнего переноса антропогенных окислов серы и азота (понижение рН) атмосферных выпадений. При помощи математического моделирования показано, что основной перенос кислотообразующих газов происходит от крупных региональных угольных ТЭЦ гг. Иркутск и Ангарск в направлении Истока Ангары (станция Листвянка) и далее на район рек Снежная и Переемная на восточном берегу озера. На основе расчетных и экспериментальных данных получены количественные оценки доли выбросов (соединения серы, азота) достигающих котловины оз. Байкал от стационарных источников Прибайкалья.

С помощью модели HYSPLIT (Hybrid Single - Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) проведено исследование путей переноса атмосферных примесей от крупных локальных источников Прибайкалья. Выявлены преобладающее направление распространения примесей в Южном Прибайкалье. Установлено, что в 60% случаев перенос воздушных выбросов от стационарных источников Прибайкалья направлен в сторону Южного Байкала. На основе методов математического моделирования оценено количество закисляющих компонентов (минеральных форм серы и азота), поступающих в атмосферу Южного Байкала.

В промышленных центрах Прибайкалья и на побережье юга Байкала определены величины рН, концентрации сульфатов и нитратов в атмосферных осадках и снежном покрове, оксидов серы и азота в атмосфере, сульфатов и нитратов в атмосферном аэрозоле. На основе полученных данных рассчитано годовое выпадение сульфатов и нитратов из атмосферы на акваторию Южного Байкала. Данные натурных наблюдений хорошо согласуются с результатами математического моделирования.

Работа выполнена в рамках выполнения проекта НИР VIII.76.1.5.

EVOLUTIONARY HISTORY OF THE EUKARYOTIC CHITIN SYNTHASES

Morozov A.A.

Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Russia
morozov@lin.irk.ru

Chitin synthases are a group of transmembrane glycotransferases that facilitate the elongation of chitin chain. Chitin synthases are quite variable in structure and copy number: many eukaryotes have more than one chitin synthase gene, sometimes with different domain structure. For example, myosin motor head or cytochrome b5-like domain may be added.

Evolutionary history of chitin synthases is best studied in fungi. Their chitin synthases are divided into two divisions, which in turn are divided into seven classes (Ruiz-Herrera *et al.* 2001 FEMS Yeast Research 1.4:247-256). This classification is not taxonomic: any given fungus may carry one chitin synthase, or any amount of representatives of different classes. Their divergence, thus, is considered more ancient than divergence of fungi themselves. A similar phenomenon was observed in Metazoa (Zakrzewski *et al.* 2014 Genome Biology and Evolution 6(2):326-345) and diatom algae (Durkin *et al.*

2009 Eukaryotic Cell 8(7):1038-1050): they as well do have several groups of chitin synthase genes whose number strongly varies even in closely related organisms.

The aim of our work was to study the relationships of chitin synthases from different eukaryotic taxa. We have collected 135 publicly available aminoacid sequences from 35 chitin-bearing organisms sampled from all the eukaryotic tree, and build a comprehensive tree of chitin synthases.

First of all, while 1-st chitin synthase division dominates in Unikonta and 2-nd division – in Bikonta, both divisions are present all over the tree. We conclude that they have diverged early in eukaryotic history and were repeatedly acquired and lost since then.

While chitin synthases of oomycetes and ciliates do form monophyletic clades, their relationships within a clade are incongruent with relationships of taxa. In both cases this gene has duplicated and diverged early in taxon history, which led to a pattern quite similar to fungal one: multiple monophyletic classes unevenly represented in different species.

Chitin synthases of diatoms, on the other hand, are not monophyletic. There are four major groups (called clades by Durkin *et al.*), one of which, according to our analysis, is inherited from the common ancestor of Heterokonts, Three remaining groups descend from a single fungal class 6 protein that was horizontally transferred sometime early in diatom history. They repeat the same scenario again: soon after the protein acquirement monophyletic groups form which then get copied and lost independently.

Amoebae are in fact the only large taxon that doesn't display such a scenario. They do have two inherited chitin synthase lines, but they have diverged before the divergence of amoebae and Metazoa. There is also a single 1-st division protein that was horizontally transferred from diatom algae.

As can be seen, most of the studied taxa show significant variance in the number of chitin synthases per genome; we have shown gene duplications, losses and horizontal gene transfers. All of them, except for amoebae, also show the independent formation of lineage-specific chitin synthase families.

This work was supported by Federal Agency of Scientific Organisations project #0345-2014-0001 (VI.50.1.3).

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ИСТОРИЯ ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ ХИТИНСИНТАЗ

Морозов А.А.

Лимнологический Институт СО РАН, Иркутск, Россия

morozov@lin.irk.ru

Хитинсинтазы – это группа трансмембранных гликотрансфераз, обеспечивающих элонгацию полисахаридной цепи хитина. Хитинсинтазы достаточно вариабельны: для многих эукариот характерно наличие более чем одного гена хитинсинтаз, в некоторых случаях отличающихся друг от друга наличием или отсутствием дополнительных доменов (к примеру, миозиновой головки или цитохром b5-подобного домена).

Эволюционная история хитинсинтаз лучше всего изучена в грибах. Их хитинсинтазы делятся на два отдела, в пределах которых в свою очередь выделяются 7 монофилетических классов (Ruiz-Herrera *et al.* 2001 FEMS Yeast Research 1.4:247-256). Эта классификация не совпадает с таксономической: геном отдельного гриба может нести как одну хитинсинтазу, так и представителей любого числа классов. Их дивергенция, таким образом, считается более ранним событием, чем дивергенция самих грибов. У диатомовых водорослей (Durkin *et al.* 2009 Eukaryotic Cell 8(7):1038-1050) и некоторых групп Metazoa (Zakrzewski *et al.* 2014 Genome Biology and Evolution 6(2):326-345) показан аналогичный феномен: несколько монофилетических групп белков, представленность которых в различных организмах сильно варьирует.

Целью нашей работы было исследовать взаимоотношения хитинсинтаз разных групп организмов. Нами были собраны 135 опубликованных последовательностей хитинсинтаз из 35 организмов из всех основных эукариотических групп, имеющих хитин, и методом максимального правдоподобия построено общее филогенетическое древо.

Прежде всего, заметно то, что, хотя у униконт преобладают хитинсинтазы 2 отдела, а у биконт 1-го, оба отдела представлены по всему дереву эукариот. Предположительно они дивергировали рано в эукариотической истории, а затем многократно приобретались и терялись.

Хотя хитинсинтазы оомицет и инфузорий и формируют монофилетические клады, их история в пределах клад не соответствует истории соответствующих таксонов. В обеих группах достаточно рано произошла дивергенция классов хитинсинтаз, которая привела к формированию гибкого репертуара белков, аналогичного грибному: множественные классы, по-разному представленные в разных организмах.

Хитинсинтазы диатомей немонофилетичны: выделяется четыре основных группы (клады по Durkin *et al.*), одна из которых согласно результатам нашего анализа вертикально унаследована

от общего предка гетероконт, а три приобретены в результате горизонтального переноса грибной последовательности 6 класса. Последние повторяют сценарий, описанный выше: вскоре после их приобретения формируются монофилетичные группы генов, представители которых затем независимо копируются и теряются разными организмами.

У амёб сценарий несколько иной: здесь также присутствуют две вертикально унаследованные группы хитинсинтаз, но их дивергенция произошла ещё до расхождения амёб и опистоконт. Кроме того, имеется единственный белок первого отдела, полученный в процессе HGT от диатомовой водоросли.

Таким образом, практически все исследованные эукариоты демонстрируют значительную вариабельность репертуара хитинсинтаз; наблюдаются дубликации, утраты генов и горизонтальный перенос. Кроме того, во всех таксонах, кроме амёб, имеются собственные паралогичные семейства генов.

Данная работа была поддержана проектом Федерального Агентства Научных Организаций #0345-2014-0001 (VI.50.1.3).

THE INFLUENCE OF CHROME IONS ON CAROTENOID PIGMENTS CONTENT IN *LYMNAEA STAGNALIS* ORGANISM

Muzyka L.V., Kyrychuk G.Ye.

Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine

Lidiya.Muzyka@ukr.net

Evaluating ecosystem state, it is important to take into consideration the pollution of water object with toxic substances, the most dangerous of which are chrome ions, both hexa- and trivalent which have not only general toxic but carcinogenic influence. Also, they change hydrobionts survival indices, fertility, oogenesis, polygenic chromosomes structure (Kunin, 2001). For the biochemical index as non-specific stress-resistance mechanism, we chose β -carotene content in *Lymnaea stagnalis* organism as precisely this carotenoid lets mollusk successfully cope with adverse factors in water environment.

The object of the research: 240 specimens of *L. stagnalis* (Linné, 1758). Toxicant: $K_2Cr_2O_7$ and $Cr(CH_3COO)_3$ in concentrations (Cr^{3+} and Cr^{6+}) corresponding to 0,5 and 2 MAC_{fish farming}. The duration of toxic experiment was 2, 7, 14 and 21 days. The β -carotene content was established with (Tailor S.L., 1976) methods. All in all 960 biochemical analyses were done.

Different reaction of researched mollusks on chrome (III and VI) ions action was established. It depended on toxicant concentrations, ion oxidation level and was characterized with tissue-organ specificity. Thus, under 2 day exposition, despite the ion oxidation level and its concentration, the high level of β -carotene content in the whole *L. stagnalis* organism was established. This index increase can be explained by mollusk metabolism activation to stress caused by toxicant action (the 1-st adaptation stage) and was manifested in the maintenance of homeostasis of systems. Under chrome (III and VI) ions action in 0.5 MAC concentrations (7 day exposition), the decrease of the discussed index meaning in the whole mollusk organism by 11.45-25.84% was registered. The action of chrome (III) ions also caused the decrease of β -carotene content in the haemolymph and the mantle, and its increase in the hepatopancreas and the leg. 2 MAC chrome concentration despite the ion oxidation level causes the increase of the discussed pigment content in the haemolymph and the hepatopancreas of *L. stagnalis* by 1.21-1.36 times. Simultaneously, statistically reliable differences were not registered in the mantle and the leg of the control group. In chemical experiment prolongation to 14 days (0.5 MAC of the toxicant) the increase of β -carotene content in the whole organism of *L. stagnalis* under action of $Cr(III)$ was registered. Under action of $Cr(VI)$ ions the increase of the index in the haemolymph and the leg, and its decrease in the mantle and the hepatopancreas were registered. The increase of environment toxicity to 2 MAC is proportional to β -carotene content in the whole body of *L. stagnalis* under chrome (VI) action. So, tissues and organs make the following sequence in the index descending: the mantle→the leg→the hepatopancreas→the haemolymph. At the same time chrome (III) ions caused the increase of the index only in the haemolymph by 3.2 times. Under 21 day exposition, despite the toxicant concentration and its oxidation level, the decrease of β -carotene content in the mollusk haemolymph and mantle was registered (except chrome (III) in 2 MAC) and its increase in the hepatopancreas and the leg (except under $Cr(VI)$ action in 0,5 MAC).

Evaluating obtained results in general, we point out what chrome (III and VI) ions even in concentrations corresponding to 0.5 MAC make significant influence on *L. stagnalis* metabolism causing the stimulation of its adaptive processes and the activation of general antioxidant activity testified by changes in β -carotene content in organs and tissues of the researched mollusks.

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ХРОМА НА СОДЕРЖАНИЕ КАРОТИНОИДНЫХ ПИГМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ

LYMNAEA STAGNALIS

Музыка Л.В., Киричук Г.Е.

Житомирский государственный университет им. И. Франко, Житомир, Украина
Lidiya.Muzyka@ukr.net

При оценке состояния экосистемы важно учитывать загрязнение водного объекта токсическими веществами, наибольшую опасность среди которых представляют ионы хрома, как шестивалентного, так и трехвалентного, которые имеют не только общетоксическое, но и канцерогенное действие. Кроме того, они вызывают изменение показателей выживания гидробионтов, плодовитости, оогенеза, структуры политенных хромосом (Кунин, 2001). Нами в качестве биохимического показателя, как неспецифического механизма стресс-резистентности, избрано содержание β -каротина в организме *Lymnaea stagnalis*, ибо именно этот каротиноид позволяет моллюскам успешно справляться с неблагоприятными факторами водной среды.

Объект исследования: 240 экз. *L. stagnalis* (Linné, 1758). Токсикант – $K_2Cr_2O_7$ и $Cr(CH_3COO)_3$, в концентрациях (в расчёте на Cr^{3+} и Cr^{6+}), соответствующих 0,5 и 2 ПДК_{рыбохоз.}. Продолжительность токсикологического опыта – 2, 7, 14 и 21 сутки. Содержание β -каротина определяли по методике (Tailor, 1976). Всего выполнено 960 биохимических анализа.

Установлено различную реакцию исследуемых моллюсков на действие ионов хрома (III и VI), которая зависела от концентрации токсиканта, степени окисления иона и характеризовалась тканево-органный спецификой. Так, при экспозиции 2 суток независимо от степени окисления иона и его концентрации отмечено увеличение содержания β -каротина во всем организме *L. stagnalis*. Такой рост показателя можно объяснить активацией метаболизма моллюсков в ответ на стресс, вызванный действием токсиканта (первая стадия адаптации), что проявляется в поддержании гомеостаза систем. За действия ионов хрома (VI), концентрацией 0,5 ПДК (экспозиция 7 суток) обнаружено снижение значения обсуждаемого показателя во всем организме моллюсков (на 11,45-25,84%). Влияние ионов хрома (III) также вызвало уменьшение содержания β -каротина в гемолимфе и мантии, однако в гепатопанкреасе и ноге животных обсуждаемый показатель возрастал. Концентрация хрома 2 ПДК независимо от степени окисления иона приводит к повышению содержания обсуждаемого пигмента в гемолимфе и гепатопанкреасе *L. stagnalis* (в 1,21-1,36 раза). Одновременно с этим в мантии и ноге подопытных животных не обнаружено статистически достоверных отличий от контрольной группы. При пролонгировании химического загрязнения до 14 суток (0,5 ПДК токсиканта) отмечено увеличение содержания β -каротина во всем организме *L. stagnalis* за действия Cr (III). При воздействии ионов хрома (VI) зарегистрировано повышение показателя в гемолимфе и ноге и его снижение в мантии и гепатопанкреасе моллюсков. Повышение токсичности среды к 2 ПДК прямопропорционально содержанию β -каротина во всем теле *L. stagnalis* при действии хрома (VI). При этом ткани и органы выстроили ряд (по убыванию показателя): мантия \rightarrow нога \rightarrow гепатопанкреас \rightarrow гемолимфа. В это же время ионы хрома (III) вызвали увеличение показателей только в гемолимфе (в 3,2 раза). При экспозиции 21 сутки независимо от концентрации токсиканта и его степени окисления отмечено снижение содержания β -каротина у гемолимфы и мантии моллюсков (исключение 2 ПДК хрома (III) за действия которой отмечено уровень контроля), его увеличение в гепатопанкреасе и ноге (отступление от общей динамики зарегистрировано при действии Cr (VI) (0,5 ПДК).

Оценивая полученные результаты в целом, отмечаем, что ионы хрома (III и VI) уже в концентрации, что соответствовала 0,5 ПДК оказывают существенное влияние на метаболизм *L. stagnalis*, вызывают стимуляцию его адаптивных процессов и активацию общей антиоксидантной активности, о чем свидетельствуют изменения содержания β -каротина в органах и тканях исследуемых моллюсков.

BATHYMETRIC MODELS OF LAKES: NECESSITY, READINESS AND APPLICATIONS

Naumenko M.A.

Institute of Limnology RAS, St. Petersburg, Russia
naumenko@limno.org.ru

Accurate quantitative description of the morphometric characteristics of a large lake, as basin form and depth distribution is of importance for morphology and bottom surface roughness. Geological and tectonic mapping of a lake bottom is impossible without bathymetric maps, providing detailed spatial and temporal insights into the locations of landforms, their contours and boundaries, position and relationship of objects. Furthermore, conventional bottom topographic survey is a key tool for the study of thermal and light regime, wave processes, the processes responsible for the resuspension sediments

material and its accumulation in different regions. Heterogeneity of lake depth can result in significant horizontal heterogeneities in the physical properties of water masses. Potential differences in the rates of changes of physical and chemical variables depend on the lake morphometric variables. Bottom topography largely governs the distribution of river water in the lake, especially their dynamics in the bottom layers.

The creation of digital bathymetric models (DBM) of lakes allows not only storage of the data on depths and shorelines in a standard format, but also estimation of the major morphometric characteristics of the reservoirs. To calculate the water, thermal and chemical budgets of large lakes, it is important to know their hypsometry. The development of numerical representations of lake bottom topography is thus one of the important challenges of limnological studies. The table represents some DBMs of the lakes.

LAKE	Year	AUTHORS
Lake Ladoga (Russia)	1995	Naumenko M.A.
Lake Tahoe (USA)	1998–1999	Gardner J. et al.
Lake Onega (Russia)	2000	Naumenko M.A.
Great Slave Lake (Canada)	2000	Schertzer W.M. et al.
Lake Teletskoe (Russia)	2001	Selegey et al.
Lake Baikal (Russia)	2002	Sherstiankin P.P. et al.
Great American Lakes	2000–2004	GLERL NOAA
Res. Kamskoe (Russia)	2002	Piankov S.V.
Res. Votkinskoe (Russia)	2002	Kalinin V.G., Piankov S.V.
Lake Albano (Italy)	2006	Anzidei M. et al.
Lake Geneva (Switzerland)	2010	Sastre V., Loizeau J.-L., Greinert J. et al.
Lake Vostok (Antarctica)	2010	Masolov S.V., Popov V.V.

A usage of digital bathymetric models for lakes investigation is discussed with particular reference to Lake Ladoga. The produced bathymetric model of Lake Ladoga, the largest European lake (total lake area 18134 km², mean depth 48.3 m), have allowed the updating of morphometric characteristics and can be used for ecological modeling. This model was developed over two decades for thermal and hydrophysical investigations.

The gridded bathymetry models of the world oceans (www.gebco.net) already exist in contrast to the lakes of the world. Detailed digital maps of lake bottom are used for many purposes included comprehensive resources management plans, environmental impact assessments, limnological, geomorphological investigation and remote sensing. Before a creation of digital bathymetric model of Lake Ladoga the quantitative characteristic of depth distribution, and especially the bottom slopes of the lake was rather limited, which hold back the development of both limnological and geomorphological investigations of spatial structure of bottom relief. The presentation has brought together recent case applications of bathymetric model of Lake Ladoga. Evidently Lake Ladoga bathymetric model is an effective and necessary tool for limnological studies.

БАТИМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЗЁР: НЕОБХОДИМОСТЬ, РЕАЛЬНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Науменко М.А.

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

naumenko@limno.org.ru

Размеры и форма котловины крупных озер мира, распределение глубин, уклонов дна и производные от них другие морфометрические характеристики имеют первостепенное значение для изучения лимнических процессов, организации наблюдений, лимнологической типизации и прогнозирования большинства процессов в озерах мира. Точное количественное описание распределения глубин важно для изучения термического и светового режима, волновых процессов, процессов, ответственных за перераспределение грунтообразующего материала и его накопление в различных районах. Рельеф дна во многом определяет распространение речных вод в озере, особенно их динамику в придонных слоях. Разные породы и осадки образуют и различные формы рельефа, которые отличаются углами склонов, относительными превышениями, ориентировкой и пространственным положением отдельных форм. От формы и размеров озерной впадины зависят сроки замерзания и вскрытия ледостава в тех или иных районах, а также даты наступления и продолжительность различных гидрологических сезонов. Пространственная неоднородность озёрных процессов и скорость их протекания во многом определяется неоднородностью распределения глубин озера и их сезонностью.

Создание цифровых батиметрических моделей (ЦБМ) позволяет не только формировать массивы данных о глубинах и береговой линии с их координатами в стандартной форме, но и определять разнообразные морфометрические характеристики озёр и водохранилищ, в том числе ранее не определённые. Следовательно, развитие цифровых представлений о донной топографии является важным направлением в лимнологии. В таблице приводится информация о некоторых созданных к настоящему времени цифровых моделях подводного рельефа озёр мира.

Использование цифровых моделей для исследования озёр обсуждается в презентации с особым рассмотрением цифровых моделей Ладожского озера. Созданная модель крупнейшего в Европе Ладожского озера (площадь 18134 км², средняя глубина 48,3 м), позволила обновить и скорректировать морфометрические характеристики озера и может быть использована для экологического моделирования. Эта модель развивалась на протяжении двух десятилетий для термических и гидрофизических исследований.

Озеро	Годы	Авторы
Ладожское озеро	1995	Науменко М.А.
Озеро Тахо (США)	1998–1999	Gardner J. et al.
Онежское озеро	2000	Науменко М.А.
Большое Невольничье озеро	2000	Schertzer W.M. et al.
Озеро Телецкое	2001	Селегей и др.
Озеро Байкал	2002	Шерстянкин П.П. и др.
Великие Американские Озера	2000–2004	GLER NOAA
Вдхр. Камское	2002	Пьянков С.В.
Вдхр. Воткинское	2002	Калинин В.Г., Пьянков С.В.
Озеро Албано (Италия)	2006	Anzidei M. et al.
Женевское озеро	2010	Sastre V., Loizeau J.-L., Greinert J. et al.
Озеро Восток	2010	Масолов С.В., Попов В.В. и др.

Уже существует батиметрические модели океанов (www.gebco.net) с глубинами в равноотстоящих узлах, тогда как лишь для немногих озёр мира существуют такие модели. Детальные цифровые карты озёрного дна используются для многих целей, в том числе для оценки природных ресурсов, лимнологических, геоморфологических исследований и дистанционного зондирования. До создания ЦБМ Ладожского озера оценка количественных характеристик распределения глубин была достаточно ограничена, особенно уклонов дна. Презентация подводит итог многолетнего использования цифровой батиметрической модели Ладожского озера и рассматривает перспективы её применения.

PROSPECTS FOR RESEARCH OF FREE-LIVING NEMATODE (NEMATODA) IN LAKE BAIKAL

Naumova T.V.¹, Gagarin V.G.²

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²Institute of Inland Water Biology RAS, Borok, Russia
tvnaum@list.ru

Free-living round worms (nematodes) is one of the most widespread, diverse and abundant groups of invertebrate animals inhabiting Lake Baikal. Nematodes belong to major and essential components of meiozoobenthos found at any depth and ground of the lake. Their total amount in meiozoobenthos is substantial reaching nearly 90%.

The greatest contribution into Baikal nematode research was made by S.Ya. Tsalolikhin, who wrote a series of papers (Tsalolikhin, 1972, 1974, 1975, 1976 a, b; 1977 a, b, c) and a monograph “Free-living nematodes of Baikal” (1980), which included descriptions of 34 nematode species, 25 species and 6 genera being new for science. Baikal nematode investigation was continued by works of F.M. Batalova (1983), A.V. Shoshin (1988, 1989, 1991, Shoshin, 1998a, b, 2001), A.A. Shoshina (2003). Most complete description of nematode species of Baikal was provided by A.V. Shoshin and S.Ya. Tsalolikhin (2001), which encompassed 56 nematode species from 22 genera.

V.G. Gagarin and T.V. Naumova continued intensive research into the nematode fauna of Lake Baikal. Starting from 2010, they found and described 26 new-for-science nematode species, 6 species of which were redescribed, 12 species were registered in Baikal for the first time. The authors report new findings of genus *Hofmaenneria* Gerlach et Meyl, 1957 and *Eumonhystera* Andrassy, 1981 representatives that are high in number and species rich. Ninety four free-living nematode species

belonging to 7 orders, 11 families, 33 genera, 60 species of which, i.e. approximately 65% of the total nematode fauna, are endemics of the lake.

It was previously considered (Tsalolikhin, 1980, 1983) that representatives of Tobrilidae family are the main component of Baikal nematode fauna, but we found out that nematodes from the families Monhysteridae, Dorylaimidae and Diplogasteridae colonized the lake as well, giving rise to large species complexes. These families are characterized by the largest number of endemics inhabiting the lake. Therefore, study of their morphology and taxonomy would enable the researchers to understand the processes of the morphological evolution and phylogeny of nematodes. The area of Baikal endemics is not restricted to the central deep part of the lake, but they are widespread and abundant in shallow bays and creeks. Some of them were encountered later elsewhere in different water bodies of East Siberia (Gagarin, 1991, 1993, 1997, 2001, 2003; Gagarin, Erbaeva, 1983, 1984; Naumova, Gagarin, Timoshkin, 2010, in press).

By the most conservative estimate, only 20% of Baikal nematode fauna has been studied so far. Description of the taxonomic composition alone would require continuous extensive efforts of many researchers for several decades. Undeniably, new knowledge will make us revise our ideas on the existing nematode system and the origin of Baikal fauna. Moreover, the information on the nematode ecology, physiology, feeding and life cycles of round worms, karyological and molecular-biological data are fragmentary or absolutely missing. All these topical issues await thorough research.

This work was done as a part of a State Project №. VI.51.1.10. "Present state and biodiversity of the shore zone of Lake Baikal" and RFBR Grant №14-44-04126 (supervised by T. Ya. Sitnikova). English version by E.M. Timoshkina.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ФАУНЫ СВОБОДНОЖИВУЩИХ НЕМАТОД (NEMATODA) ОЗЕРА БАЙКАЛ

Наумова Т.В.¹, Гагарин В.Г.²

¹ Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт Биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Россия

tvnaum@list.ru

Свободноживущие круглые черви (нематоды) – одна из наиболее распространенных, разнообразных и обильных групп беспозвоночных животных, обитающих в озере Байкал. Нематоды являются важным и почти неизменным компонентом мейзообентоса на всех зонах глубин и во всех типах грунтов озера. Доля нематод в общем состав мейзообентоса значительна и даже может достигать 90%.

Наибольший вклад в изучение фауны нематод Байкала внес С.Я. Цалолихин, целая серия статей которого (Цалолихин, 1972, 1974, 1975, 1976 а,б; 1977 а,б,в) завершилась монографией «Свободноживущие нематоды Байкала» (1980), в которой описаны 34 вида нематод, из них 25 видов и 6 родов оказались новыми для науки. Продолжили изучение байкальских нематод Ф.М. Баталова (1983) и А.В. Шошин (1988, 1989, 1991, Shoshin, 1998а, б, 2001), А.А. Шошина (2003). Наиболее полная сводка нематод Байкала составлена А.В. Шошиным и С.Я. Цалолихиным (2001), в ней представлены 56 видов нематод из 22 родов.

Исследование фауны нематод Байкала продолжили В.Г. Гагарин и Т.В. Наумова. Начиная с 2010 года, нами найдено и описано 26 новых для науки видов нематод, 6 видов переописаны, 12 видов мировой фауны впервые отмечены для Байкала. Эта работа активно продолжается. Впервые в озере обнаружены представители родов *Hofmaenneria* Gerlach et Meyl, 1957 и *Eumonhystera* Andrassy, 1981, имеющие высокую численность и обильный видовой состав. К настоящему времени в озере Байкал обнаружено 94 вида свободноживущих нематод, относящихся к 7 отрядам, 11 семействам, 33 родам, из них 60 видов, т.е. около 65% всей фауны нематод – эндемики озера.

Ранее считалось (Цалолихин, 1980, 1983), что основным компонентом фауны нематод Байкала являются представители сем. Tobrilidae, но нами установлено, что нематоды семейств Monhysteridae, Dorylaimidae и Diplogasteridae также вселились в озеро и сформировали крупные видовые комплексы. Эти семейства имеют наибольшее количество эндемиков в озере, поэтому изучение их морфологии и таксономии поможет понять процессы морфологической эволюции и филогении нематод. Байкальские эндемики не сконцентрированы в центральной глубоководной зоне озера, а широко распространены по всей акватории и в массе встречаются в мелководных заливах и бухтах. Некоторые из них впоследствии найдены за пределами озера в различных водоемах Восточной Сибири (Гагарин, 1991, 1993, 1997, 2001, 2003; Гагарин, Ербаева, 1983, 1984; Наумова, Гагарин, Тимошкин, 2010, в печати).

По самым скромным предварительным оценкам, фауна нематод Байкала изучена не более чем на 20% от ее реального объема. Одно только описание таксономического состава потребует непрерывных усилий многих исследователей в течение нескольких десятков лет. Несомненно, что новые сведения заставят во многом пересмотреть как современную систему нематод, так и взгляд

на происхождение фауны Байкала. Кроме того, очень отрывочны данные по экологии нематод, нет сведений о физиологии, питании и жизненных циклах байкальских круглых червей, полностью отсутствуют кариотипические и молекулярно-биологические данные. Все эти обширные направления деятельности ждут своих исследователей.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы №. VI.51.1.10. (Современное состояние и биоразнообразие прибрежной зоны оз. Байкал) и гранта РФФИ №14-44-04126 (рук. Т.Я. Ситникова).

THE NEMATODE FAUNA (NEMATODA) FROM THE INTERSTITIAL OF THE SPLASH ZONE OF LAKE BAIKAL – BASIC FEATURES AND FORMATION

Naumova T.V.¹, Gagarin V.G.²

¹ Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

² Institute of Inland Water Biology RAS, 152742 Borok, Russia
tvnaum@list.ru

Fauna of the interstitial zone is a community of invertebrate animals inhabiting the space between sand grains and other solid particles. The interstitial dwellers of the splash zone have a slender, elongated body that allows them to migrate through the narrow canals between sand particles. Most of the animals are able to tolerate significant temperature fluctuations.

The present research is concerned with nematode fauna of the interstitial part of the splash zone of Lake Baikal. Eighteen species from 13 genera, 9 families and 6 orders were found. Three species were new for science (*Theristus psammophilus* Gagarin, Naumova 2012, *Theristus tsalolikhini* Gagarin, Naumova 2012, *Eudorylaimus olgae* Gagarin, Naumova 2012). The representatives of *Theristus* genus appeared to be common for marine ecosystems.

Seven nematode species identified by the authors were cosmopolitans: *Eumonhystera filiformis* (Bastian, 1865) Andrásy, 1981, *Achromadora terricola* (de Man, 1880) Micoletzky, 1925, *Trypila filicaudata* de Man, 1880, *Trypila infia* Brzesky, Winiszewska-Splinska, 1993, *Mylonchulus brachyuris* (Bütschli, 1873) Altherr, 1953, *Aporcelaimellus obtusicaudatus* (Bastian, 1865) Altherr, 1968, *Goffartia variabilis* (Micoletzky, 1922) Hirshmann, 1952).

Three species belong to the Palearctic fauna: *Hofmaenneria optata* Alekseev, 1983, *Eudorylaimus viestibulifer* (Micoletzky, 1922) Andrásy, 1959, *Aporcelaimellus alius* Andrásy, 2002).

Five species are Baikal endemics: *Tobrilus undophylus* Shoshin, 1988, *Eutobrilus selengaensis* (Tsalolikhin, 1977) Tsalolikhin, 1981, *Theristus psammophilus*, *Theristus tsalolikhini*, *Eudorylaimus olgae*.

Nine of the previously known species were described for the first time from Baikal: (*Eumonhystera filiformis*, *Hofmaenneria optata*, *Achromadora terricola*, *Trypila filicaudata*, *Mylonchulus brachyuris*, *Eudorylaimus viestibulifer*, *Aporcelaimellus alius*, *A. obtusicaudatus*, *Goffartia variabilis*).

Nematode fauna of the splash zone was not studied before, that is why the authors were able to compare the composition of these species exclusively with the littoral organisms. Six nematode species live in the littoral zone of Bolshye Koty Bay: *Tobrilus incognitus* Tsalolikhin, 1972 (depth 5 m), *T. undophilus* Shoshin, 1988, *Eutobrilus fortis* (Tsalolikhin, 1972) (depth 30-50 m), *Asperotobrilus investis* Shoshin, 1998 (depth 23 m), *Mononchus niddensis* Skwarra, 1921, *Koerneria baikalensis* (Tsalolikhin, 1972) (depth 3-5 m). Thus, the species from the splash zone of B. Koty Bay differ principally from the species inhabiting the littoral part, only one species, *T. undophilus* being common for both complexes.

There are several ways of the species formation in the splash zone: penetration of the organisms from the shore zone into the splash zone, colonization by soil nematodes, formation of independent endemic fauna, the representatives of the latter became adapted to the splash zone habitat.

This work was done as a part of a State Project №. VI.51.1.10. (“Present state and biodiversity of the shore zone of Lake Baikal”). English version by E.M. Timoshkina.

ФАУНА НЕМАТОД (NEMATODA) ИНТЕРСТИЦИАЛИ ЗАПЛЕСКОВОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ – ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПУТИ ФОРМИРОВАНИЯ

Наумова Т.В.¹, Гагарин В.Г.²

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт Биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Россия
tvnaum@list.ru

Интерстициальная фауна – это сообщество беспозвоночных животных, обитающих в заполненных водой пространствах между песчинками и другими твёрдыми частицами. Для обитателей интерстициали заплесковой зоны характерно тонкое, сильно вытянутое тело, позволяющее передвигаться по узким ходам между песчинками; многие животные способны переносить значительные колебания температуры.

Нами проведены исследования фауны нематод, обитающих в интерстициали заплесковой зоны озера Байкал. В результате было выявлено 18 видов из 13 родов, 9 семейств и 6 отрядов. Три вида описаны как новые для науки (*Theristus psammophilus* Gagarin, Naumova 2012, *Theristus tsalolikhini* Gagarin, Naumova 2012, *Eudorylaimus olgae* Gagarin, Naumova 2012). Представители рода *Theristus* – обычные обитатели морских экосистем.

Из идентифицированных нами нематод семь видов имеют космополитное распространение: *Eumonhystera filiformis* (Bastian, 1865) Andrassy, 1981, *Achromadora terricola* (de Man, 1880) Micoletzky, 1925, *Trypila filicaudata* de Man, 1880, *Trypila infia* Brzesky, Winiszewska-Splinska, 1993, *Mylonchulus brachyuris* (Bütschli, 1873) Altherr, 1953, *Aporcelaimellus obtusicaudatus* (Bastian, 1865) Altherr, 1968, *Goffartia variabilis* (Micoletzky, 1922) Hirshmann, 1952).

Три вида принадлежат к палеарктической фауне: *Hofmaenneria optata* Alekseev, 1983, *Eudorylaimus viestibulifer* (Micoletzky, 1922) Andrassy, 1959, *Aporcelaimellus alius* Andrassy, 2002)

Пять видов являются байкальскими эндемиками: *Tobrilus undophylus* Shoshin, 1988, *Eutobrilus selengaensis* (Tsalolikhin, 1977) Tsalolikhin, 1981, *Theristus psammophilus*, *Theristus tsalolikhini*, *Eudorylaimus olgae*.

Из ранее известных видов 9 впервые отмечены для фауны озера Байкал (*Eumonhystera filiformis*, *Hofmaenneria optata*, *Achromadora terricola*, *Trypila filicaudata*, *Mylonchulus brachyuris*, *Eudorylaimus viestibulifer*, *Aporcelaimellus alius*, *A. obtusicaudatus*, *Goffartia variabilis*).

До наших исследований, изучение фауны нематод заплесковой зоны не проводилось, поэтому сравнение видового состава мы можем вести только с обитателями литорали. Из литорали бухты Б. Коты известны шесть видов нематод: *Tobrilus incognitus* Tsalolikhin, 1972 (гл. 5 м), *T. undophilus* Shoshin, 1988, *Eutobrilus fortis* (Tsalolikhin, 1972) (гл. 30-50 м), *Asperotobrilus investis* Shoshin, 1998 (гл. 23 м), *Mononchus niddensis* Skwarra, 1921, *Koerneria baikalensis* (Tsalolikhin, 1972) (гл. 3-5 м). Таким образом, комплекс видов заплесковой зоны в р-не бухты Б.Коты коренным образом отличается от комплекса видов, населяющих литораль, а общим для двух комплексов является только 1 вид – *T. undophylus*.

Существует несколько путей формирования фауны заплеска: проникновение прибрежной фауны в заплесковую зону; заселение почвенными нематодами; формирование самостоятельной эндемичной фауны, представители которой адаптировались для жизни в условиях заплеска.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы №. VI.51.1.10. (Современное состояние и биоразнообразие прибрежной зоны оз. Байкал).

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MOUTHPART STRUCTURE OF THE TWO *EPISCHURA* SPECIES (COPEPODA, CALANOIDA) FROM LAKES WITH THE DIFFERENT TROPHIC STATUS

Naumova E.Yu., Zaidykov I.Yu.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

elena.baikalensis@gmail.com

Adult freshwater calanoid copepods are generally regarded as omnivorous or herbivorous and able to use small algae, although diet varies between species. The ability to subsist and reproduce on a diet of small algae may depend on the morphology of the mouthparts. High-speed microcinematography of seawater labeled with dye and released from micropipettes near the animals while they were catching food particles revealed the appendage and water motions involved in copepod feeding (Koehl and Strickler, 1981). The last stage in particle capture is performed by a pair of setulose appendages, the second maxillae, that fling apart from each other and then squeeze back together again. Some species perform this capture motion with their setae (hairs) operating at Reynolds number (Re) of order 1,

whereas others do it at hair Re as low as 10^{-2} (Koehl, 1981; Koehl and Strickler, 1981; Koehl, 1992; 1995) This represents the critical Re range in which the transition occurs between non-leaky paddle-like behavior and leaky sieve-like function. Supposedly, the structure of the second maxillae (the distance between the setae and setule at the second maxillae) may determine the lower size limit of particles which can be retained.

The mouthparts of two species of adult planktonic calanoid copepods (*Epischura baicalensis* Sars, 1900 and *E. chankensis* Rylov, 1928), in particular the distance between setae and setules of the second maxillae (M2), were compared using electron (SEM) and light microscopy. *E. baicalensis* is large species (females are 1.1 mm in length) which lives year-round in an ultraoligotrophic lake. *E. chankensis* is smaller species (female length 0.8 mm) which lives in a shallow mesotrophic lake.

The total lengths of M2's, the lengths of setae and setules, the intersetae and intersetule distances were measured by the SEM-photographs, using the program Image Pro 4.0. The 'filtering area' (F), i.e. the area covered by the M2's, was estimated as $F = L_{mx} * L_s * 2$ where L_{mx} is the average length of the M2's; and L_s the average length of the setae. Inter-setular distance was regarded as a measure of the retention capability of the M2's.

The mesh-sizes of the food-collection grid formed by these setae and setules ranged between 3.2 μm for *E. chankensis* and 9.1 μm for *E. baicalensis*; the area covered by the grid ranged between 17600 and 30 000 μm^2 respectively.

The gut contents at different seasons show that *E. chankensis* consumes larger particles than *E. baicalensis* (Naumova, 2006). Therefore, we assume that *E. baicalensis* filter their food from the water during the squeeze, but *E. chankensis* have paddle-like M2's that capture food by drawing a parcel of water containing an alga towards the mouth during the fling. *Epischura baicalensis* with a coarse mesh has a comparatively large "filtering" area, which might be advantageous in oligotrophic lakes where food concentration is comparatively low.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОНКОГО СТРОЕНИЯ РОТОВЫХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ДВУХ ВИДОВ РОДА *EPISCHURA* SARS (COPEPODA, CALANOIDA) ОБИТАЮЩИХ В ВОДОЕМАХ РАЗЛИЧНОЙ ТРОФНОСТИ

Наумова Е.Ю., Зайдыков И.Ю.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
elena.baikalensis@gmail.com

Взрослые пресноводные копеподы могут питаться детритом, водорослями, цианобактериями и хищничать, и диета зависит от вида. Способность успешно существовать, питаясь мелкими водорослями, может зависеть от морфологии ротовых конечностей. С помощью высокоскоростной микрокиносъемки, капая из пипетки вблизи животных меченную красителем воду в момент, когда они ловят частицы пищи, удалось установить какие конечности и движения воды участвуют в питании копепод (Koehl and Strickler, 1981). Последний этап захвата частиц осуществляется с помощью вторых максилл, которые раздвигаются друг от друга, а затем сжимаются снова вместе. Некоторые виды выполняют это движение захвата щетинками, работающими при числах Рейнольдса (Re) порядка 1, в то время как другие делают это тонкими щетинками при Re порядка 10^{-2} (Koehl, 1981; Koehl and Strickler, 1981; Koehl, 1992; 1995). Это представляет собой критический диапазон Re, в котором происходит переход между нефилтрирующим и филтрирующим функционированием конечности. Предположительно, структура вторых максилл (расстояние между щетинками и сетулами на вторых максиллах) также может определить нижний предел размера частиц, которые могут быть удержаны рачком.

Нами были изучены ротовые конечности двух видов планктонных взрослых веслоногих рачков (*Epischura baicalensis* Sars, 1900 и *E. chankensis* Rylov, 1928), в частности, расстояние между щетинками и сетул вторых максилл (M2). Результаты были получены с использованием сканирующей электронной (СЭМ) и световой микроскопии. *E. baicalensis* является более крупным видом (длина самок 1,1 мм), который обитает круглый год в ультраолиготрофном озере. *E. chankensis* (длина самок 0,8 мм) живет в мелком мезотрофном озере.

Общая длина вторых максилл M2, длины щетинок и сетул, и расстояния между ними были измерены с помощью СЭМ-фотографий, в программе Image Pro 4.0. "Площадь фильтрации" (F), т.е. площадь, покрытая M2, была посчитана как $F = L_{mx} * L_s * 2$, где L_{mx} это средняя длина M2; L_s средняя длина щетинок. Расстояние между сетами рассматривалось как мера способности M2 к удерживанию частиц.

Размер ячейки сети, используемой для питания, образованной щетинками и сетулами на M2 колебалась от 3,2 мкм для *E. chankensis* и 9,1 мкм для *E. baicalensis*; площадь, покрытая сеткой составила 17600 и 30 000 мкм² соответственно.

Содержимое кишечника рачков в различные сезоны показывает, что *E. chankensis* потребляет более крупные частицы, чем *E. baicalensis* (Наумова, 2006). Таким образом, мы предполагаем, что *E. baicalensis* отфильтровывает пищу из воды во время сжатия М2, а *E. chankensis* действует М2 как веслом, захватывая еду из воды, содержащей водоросли и посылаемой в сторону рта. *E. baicalensis* с более грубой сетью имеет сравнительно большую "площадь фильтрации", которая может быть выгодна в олиготрофных озерах, где концентрация пищи низка.

RESULTS OF LONG-TERM MONITORING OF WET DEPOSITION WITHIN EANET PROGRAM AT THE RURAL STATION LISTVYANKA

Netsvetaeva O.G., Obolkin V.A., Sezko N.P., Nosova V.V., Khodzher T.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

r431@lin.irk.ru

Since 1999 within the International Program "Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET)", Limnological Institute as a representative of the National Data Center from the Russian Federation have been performing sampling and chemical analysis of wet deposition (rain and snow) at three monitoring stations in the Baikal region: Irkutsk (52.3° N, 104.4° E), Listvyanka (51.9° N, 104.7° E) and Mondy (52.0° N, 103°E). Wet deposition was collected at St. Listvyanka with an automatic "wet-only" sampler (US-320, Japan) with a funnel diameter of 300 mm. St. Listvyanka is located on the north-western coast of Southern Baikal at 760 m a.s.l. at a distance of 70-100 m from large industrial centers of the Irkutsk Oblast. The present investigations were aimed at assessing the real situation with acid deposition in the coastal area of Lake Baikal which is located on the way of the main transport of air masses polluted with industrial emissions from the enterprises of the Irkutsk Oblast and other regions of Siberia.

Long-term investigations in the regime of continuous monitoring showed that at this station the deposition of acid atmospheric precipitation was recorded more often than at other stations. In 1999-2014, the pH values ranged between 3.14 and 7.83 at St. Listvyanka. Acid precipitation was higher in warm period during forest fires. Alkaline precipitation was registered in late autumn (November) and in winter (March). According to the 15-year studies of acidity of atmospheric precipitation at monitoring stations in the Baikal region, we observed the tendency to decrease of pH in wet deposition at St. Listvyanka. This trend was especially noticed in 2005-2007 and in 2011, when the amount of precipitation was 56-67% with pH lower than 5.0 at this station. At the same period of time, high concentrations of SO₂ were recorded in air at all three monitoring stations.

The correlation between monthly pH values in precipitation and ratio of major anions and cations were analyzed to assess what anions contributed most to acidity of atmospheric precipitation at St. Listvyanka. The most stable correlation was determined between the pH values of precipitation and content of three ions Ca²⁺, NO₃⁻ and SO₄²⁻. In the cold season, pH depended on the ratio of calcium and nitrate concentrations, NO₃⁻ increased and Ca²⁺ decreased in snow. The contribution of sulfates was insignificant, whereas in warm period, sulfates affected the rain acidity considerably, and the correlation with nitrate was two times lower.

Based on the results obtained, we can conclude that acid rains were recorded more frequently in Southern Baikal. It is predominantly attributed to the western transport of trace gases of sulfur and nitrogen oxides. In winter, the major sources of these gases are large coal heat and power stations located in Irkutsk, Angarsk and Shelekhov. In summer, both regional and more remote industrial centers of Siberia contribute to acidity of precipitation. It is also necessary to take into consideration the contribution of nitrogen oxide emitted all the year round from motor transport, the number of which increases from year to year.

The work was supported by the budget programs VII.62.1, 3 and VIII.76.1.5 and EANET program.

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ВЛАЖНЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА СЕЛЬСКОЙ СТАНЦИИ ЛИСТВЯНКА СЕТИ EANET

Нецветаева О.Г., Оболкин В.А., Сезько Н.П., Носова В.В., Ходжер Т.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

r431@lin.irk.ru

С 1999 г. в рамках международной программы «Сеть станций мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии» (EANET) в которой Лимнологический институт участвует, как Национальный центр данных от РФ, осуществляется отбор и химический анализ отдельных влажных выпадений (дожди, снег) на трех станциях мониторинга в Байкальском регионе –

Иркутск (52.3° N, 104.4° E), Листвянка (51.9° N, 104.7° E), Монды (52.0° N, 103°E). На станции Листвянка влажные выпадения собираются автоматическим «wet-only» осадкосборником (модель «US-320» производства Японии) с диаметром воронки 300 мм. Станция Листвянка расположена на северо-западном побережье Южного Байкала, на высоте 760 м. над у. м., удалена от крупных промышленных центров Иркутской области на 70-100 км. Целью исследований стала оценка реальной ситуации с кислотными выпадениями в прибрежном районе Байкала, расположенном на пути основного переноса воздушных масс, загрязненных промышленными выбросами от предприятий Иркутской области и других районов Сибири.

Многолетние исследования в режиме непрерывного мониторинга показали, что на этой станции, по сравнению с другими, выпадение кислотных атмосферных осадков фиксируется наиболее часто. Пределы колебаний величины pH в осадках на ст. Листвянка в 1999-2014 гг. составили 3,14-7,83 и, как правило, наиболее подкисленные осадки выпадают в теплый период во время лесных пожаров. Щелочные осадки приурочены к концу осени (ноябрь) и зимы (март). 15-летнее изучение кислотности атмосферных осадков на станциях мониторинга Байкальского региона позволило сделать вывод о том, что на ст. Листвянка тренд pH влажных выпадений имеет тенденцию к понижению. Особенно это проявилось в 2005-2007 гг. и 2011 г., когда количество выпадающих осадков с величиной pH ниже 5,0 на этой станции достигало 56-67%. В эти же годы наблюдались самые высокие концентрации SO₂ в воздухе на всех станциях мониторинга атмосферы.

Чтобы оценить, какие анионы вносят основной вклад в подкисление атмосферных осадков на ст. Листвянка проведен корреляционный анализ связи месячных величин pH осадков и соотношения концентраций основных анионов и катионов в них. Наиболее устойчивая связь выявлена между величиной pH осадков и содержанием трех ионов – Ca²⁺, NO₃⁻ и SO₄²⁻. При этом в холодный период наиболее значимо величина pH осадков зависит от соотношения концентраций кальция и нитрата, подкисление снега определяется ростом содержания NO₃⁻ и уменьшением – Ca²⁺. Вклад сульфатов оказался незначительным. В теплый период, наоборот, основной вклад в подкисление дождей вносит сульфаты, корреляция с нитратами в два раза ниже.

На основании полученных результатов делается вывод том, что в Байкальском регионе наиболее часто кислые осадки выпадают в районе Южного Байкала и связаны преимущественно с западным переносом газовых примесей оксидов серы и азота. В зимний период основные источники этих газов в основном крупные угольные ТЭЦ, расположенные в городах Иркутск и Ангарск, Шелехов. В летний период подкисление осадков происходит за счет, как региональных, так и более удаленных промышленных центров Сибири. Нельзя не принимать в расчет и такой круглогодичный источник оксидов азота, как автомобильный транспорт, количество которого с каждым годом в регионе увеличивается.

Работа выполнялась в рамках бюджетных тем № № VII.62.1. 3, №VIII.76.1.5 и при поддержке программы ЕАНЕТ.

PULSATING CONDITION METHANE FLUXES IN THE OKHOTSK SEA **Obzhirov A.**

V.I. Plichev Pacific Okeanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
obzhirov@poi.dvo.ru

In 2012-2014 international expeditions (Russia, Japan, and Korea) carry out in the Okhotsk and Japan Seas. Mostly purpose of investigations were to search and to study gas hydrate, fluxes of methane from bottom sediment in water and some time from water to atmosphere and to define geological structures and condition of it to form gas hydrate and source of methane fluxes. There were observed interesting and important regularities of change power of methane fluxes. Some fluxes appear morning and disappear evening and pulsating of its repeated. More important case change of power pulsating of gas flux is area Sakhalin South-East slope of the Okhotsk Sea. Flux is high 2100 m in 2012, decrease it in 2013 about two times, disappear it in 2014 and was absent in 2015.

There is possible that it pulsating connection with different of seismic activity in this region. In 2012 was earthquake in area of the Okhotsk Sea not far from flux magnitude about 7 Richter scale. 2013-2015 in this area was stable condition. On surface sediment in flux area was found carbonate concretions and breccias of sediment. It is criterion that in this area we found mud volcano in depth 2200 m in South-West slope of Kuril basin. A.N.Derkachev consist that it is old mud volcano. Support idea about influence seismic activity on power of methane fluxes and activity mud volcano is our investigation South-Sakhalin mud volcano. After earthquake in mud volcano change relation of content between CH₄ and CO₂ and amount of it. The same we found good correlation between quantity of fluxes and methane concentration in bottom water and seismic activity.

These investigations are important to understand to form gas hydrate in sediment and alternation layers of sediment and gas hydrate that connection with change seismic activity. This process influence to form oil-gas deposit to use different sources of methane as well as sediment and mantle.

ПУЛЬСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ ПОТОКОВ МЕТАНА В ОХОТСКОМ МОРЕ

Обжиров А.И.

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г.

Владивосток, Россия

obzhirov@poi.dvo.ru

В 2012-2014 годы в Охотском и Японском морях выполнялись международные экспедиции (Россия-Япония и Корея). Основная цель исследований была поиск и изучение газогидратов, потоков пузырей метана из донных отложений в воду и иногда в атмосферу, геологические и структурные условия формирования газогидратов и источники потоков метана. В процессе исследований отмечены интересные и важные закономерности изменения режима потоков пузырей газа (преимущественно метана). Отдельные потоки метана утром появлялись, вечером исчезали, и пульсация потока повторялась. Но самый неожиданный случай наблюдался в южной части западного склона Курильской котловины. В экспедиции 2012 года на глубине 2200 м гидроакустическим измерением был обнаружен поток пузырей газа высотой 2100 м. Это самый высокий поток в Мировом океане. Но наблюдения в экспедиции 2013 года показали, что высота этого факела уменьшилась в два раза. А в экспедиции 2014 года поток исчез.

Возможно, причина такого поведения потока связана с изменением сейсмо-тектонической активизации района исследований. В 2012 году несколько севернее потока в Охотском море произошло землетрясение магнитудой около 7 баллов по шкале Рихтера. Землетрясение открыло зоны разломов, и поток газа вырвался в воду. В 2013 году он уменьшился, а в 2014 году исчез. На поверхности дна в районе потока были обнаружены конкреции и карбонатные корки и, кроме того, брекчированные плотные неогеновые осадки. По мнению А.Н.Деркачева эта структура является древним грязевым вулканом. Подтверждением возможного влияния сейсмической активизации на мощность потока газа являются наши наблюдения за увеличением активности Южно-Сахалинского грязевого вулкана после Невельского землетрясения. В результате на нем увеличился поток газо-флюидной смеси с изменением соотношения концентраций в газе метана и углекислого газа. Кроме этого, в результате 15-летнего наблюдения за изменением количества потоков метана и повышением концентраций метана в придонной воде в Охотском море обнаружено четкая взаимосвязь сейсмо-тектонических активизаций и увеличение количества потоков и концентраций метана.

Эти наблюдения важны для понимания процесса формирования газогидратов в поверхностном слое осадков, причина переслаивание слоев газогидратов и осадков, связанная с изменением активности потоков метана. Этот же процесс влияет на образование нефтегазовых залежей с возникновением и закрытием путей миграции метана и тяжелых углеводородов из глубоких горизонтов осадков и мантии.

CONVERSION OF DISSOLVED ORGANIC MATTER AND BEHAVIOR OF MICROELEMENTS IN STREAMFLOW OF BOREAL CLIMATIC ZONE (NORTH KARELIA)

**Oleinikova O.V.¹, Bychkov A.Yu.¹, Pokrovskiy O.S.², Shirokova L.S.²,
Drozdova O.Yu.¹, Lapitskiy S.A.¹**

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

²Géosciences Environnement Toulouse (GET), Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France

olga-oleyn@yandex.ru

Organic matter in the continental flow is the largest and the most dynamic geochemical reservoir. Its changes reflect specific aspects of the climatic zonation and changes to the climate as well. On the way from the area of nutrition, through rivers of small orders to large bodies of water, dissolved organic matter undergoes conversion which determines the differences in the patterns of microelements migration. This project aims to estimate the influence of biological and natural photochemical processes to the dynamics of degradation and fractural redistribution of organic matter lined as soil solution – marsh – stream – lake and to the specific character of migration of separate groups of microelements.

Experimental study of biodegradation of dissolved organic matter (DOM) was conducted based on natural waters of North Karelia. Selected substrates represent a succession of waters starting from the

waters, draining the peat horizon – the main source of soil organic matter, and ending with the mouth of a stream feeding a lake. For the purpose of the study the researchers used two types of heterotrophic bacteria – the main destructors of DOM. The experiments revealed a significant effect of mineralization of dissolved organic carbon (50% from the baseline) for the stream and, conversely, its stability (98%) for all three size fractions (0.22 μm , 50 kDa 1 kDa) of peat substrate to bacterial mineralization. These differences demonstrate the impact which other factors, such as photodegradation and cryolysis, have on the conversion of DOM on its way from soil solutions (allochthonous carbon) on through stream waters to DOM forms of the lake (autochthonous carbon), more accessible for biodegradation.

In order to study the impact which the sunlight has on the changes to DOM and the metallic forms in surface waters, the researchers examined photodegradation of organo-metallic complexes in natural conditions. The experiments were carried out to samples of soil and marsh waters, waters of streams and a lake. The results showed that under the influence of solar radiation the composition and characteristics of DOM tend to change. After the exposure of the studied samples to sunlight there was registered an increase in the proportion of anions of low molecular weight organic acids such as acetic, formic, oxalic, succinic and citric acid, which are known to be the products of photodegradation of organic substances. The obtained data were used to calculate the rate constants for the various processes of photodegradation of DOM in natural waters. It was shown that soil waters are characterized by the highest rates of destruction of organic compounds, while stream waters and waters of the lake – by the lowest ones. The project is supported by grants RFFI N14-05-00430_a, 15-05-05000_a.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ПОВЕДЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕЧНОМ СТОКЕ БОРЕАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ (СЕВ. КАРЕЛИЯ)

Олейникова О.В.¹, Бычков А.Ю.¹, Покровский О.С.², Широкова Л.С.², Дроздова О.Ю.¹, Лапицкий С.А.¹

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Géosciences Environnement Toulouse (GET) Обсерватории Миди-Пиреней
Тулуза, Франция

olga-oleyn@yandex.ru

Органическое вещество в континентальном стоке является наиболее динамичным и крупным геохимическим резервуаром, изменения в котором отражают особенности климатической зональности и процессы изменения климата. На пути от области питания, через реки малых порядков к крупным водоемам происходит преобразование растворенного органического вещества, определяющее различия в особенностях миграции микроэлементов. Цель данной работы заключается в оценке влияния биологических и природных фотохимических процессов на динамику деградации и фракционного перераспределения органического вещества в ряду почвенный раствор – болото – ручей – озеро и характер миграции отдельных групп микроэлементов, связанных с ним.

Экспериментальное исследование биодеструкции растворенного органического вещества (РОВ) было проведено для природных вод Сев. Карелии. Выбранные субстраты отражают последовательную смену вод, начиная с дренирующих торфяной горизонт – основной источник органического вещества почв, заканчивая устьем ручья, питающего озеро. Были использованы два вида (*Pseudomonas aureofaciens*, *Pseudomonas saponiphila*) гетеротрофных бактерий – основных деструкторов РОВ. В ходе экспериментов был установлен значительный эффект минерализации растворенного органического углерода (до 50% от исходного) для вод ручья и, напротив, его устойчивость (до 98%) во всех трех размерных фракциях (0,22 мкм, 50кДа 1кДа) торфяного субстрата к бактериальной минерализации. Эти различия показывают роль других факторов преобразования РОВ, таких как фотодеструкция и криодеструкция, при переходе от почвенного раствора (аллохтонный углерод) через воды ручья к формам РОВ озера (автохтонный углерод), более доступным для биодеструкции.

Для изучения воздействия солнечного света на изменение растворенного органического вещества и форм металлов в поверхностных водах проводилось исследование процесса фотодеструкции органо-металлических комплексов в натуральных условиях. Эксперименты проводились с пробами почвенных и болотных вод, вод ручьев и озера. Было показано, что под действием солнечного излучения происходит изменение состава и характеристик РОВ. В исследованных пробах после облучения увеличилось содержание анионов низкомолекулярных органических кислот, таких как уксусной, муравьиной, щавелевой, янтарной и лимонной, которые, как известно, являются продуктами фотодеструкции органических веществ. По полученным данным были рассчитаны константы скоростей процессов фотодеструкции РОВ различных

природных вод. Показано, что наибольшие скорости разрушения органических соединений характерны для почвенных вод, в то время как наименьшие – для вод ручьев и озера.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 14-05-00430_а, 15-05-05000_а.

SEASONAL VARIABILITY OF NUTRIENT CONCENTRATION IN THE ANGARA RIVER OUTLET

**Onishchuk N.A., Tomberg I.V., Zhuchenko N.A., Sezko N.P., Bashenkhaeva N.V.,
Nosova V.**

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
onischuk@lin.irk.ru

The Angara River is the only river running from Lake Baikal. Concentrations of major ions in its waters vary insignificantly, which testifies to the stability of the composition of Baikal water. Differences in the content of certain elements in different years are attributed to different methods used by researchers for identifying components. The present work is focused on dynamics of nutrient concentrations. This problem is topical under conditions of climate changes and elevated anthropogenic effect on the river outlet. Compared to early studies (Glazunov, 1963), recent investigations revealed that nitrate nitrogen prevailed in both the Angara outlet and Lake Baikal. Maximal concentrations of nitrate nitrogen (0.46 mg/dm^3) were recorded in December and minimal values (0.25 mg/dm^3) were observed in August and September during algal growth. The content of ammonium ions varied from the analytical zero to 0.05 mg/dm^3 with its maximum in June. Seasonal concentration variations of mineral phosphorus were similar to those of nitrate nitrogen. Their maximum (up to $10 \text{ } \mu\text{g P/l}$) was recorded in winter and minimum ($1\text{--}2 \text{ } \mu\text{g P/l}$) in July and August. The results obtained showed that the content of organic nitrogen and phosphorus was higher than that of mineral compounds. Dynamics of organic compounds was opposite to that of mineral compounds. For example, elevated concentrations of organic nitrogen ($170 \text{ } \mu\text{g/l}$) and phosphorus ($30 \text{ } \mu\text{g/l}$) were recorded in July-August, whilst the content of mineral nitrogen was minimal. Two minima of silicon content were registered in April and July (up to $0.15 \text{ } \mu\text{g Si/l}$) and maximal values ($0.47 \text{ } \mu\text{g Si/l}$) in January-February.

Analysis of the results obtained and their comparison with earlier data (Votintsev, 1960) showed variability in the seasonal trend of nutrients. Earlier studies recorded two maxima in winter (December) and spring (July). In the recent period, seasonal dynamics of nutrient concentrations is not so vividly expressed: there is no summer maximum in the nutrient content. We may suppose that in the recent period the growth of summer algal species starts earlier. Therefore, no July maximum of nitrogen and phosphorus compounds has been recorded.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИСТОКЕ РЕКИ АНГАРЫ

**Онищук Н.А., Томберг И.В., Жученко Н.А., Сезько Н.П., Башенхаева Н.В.,
Носова В.**

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
onischuk@lin.irk.ru

Ангара – единственная река, вытекающая из оз. Байкал. Ее воды отличаются незначительной вариабельностью концентраций главных ионов, что является следствием стабильности состава байкальских вод, для которых различия в содержании отдельных элементов в разные периоды зачастую обусловлены использованием авторами различных методов определения компонентов. В данной работе основное внимание уделяется динамике концентраций биогенных элементов, что весьма актуально в условиях изменения климата и повышенной антропогенной нагрузке в истоке реки. Как и ранее [Глазунов, 1963], в истоке р. Ангары, как и в Байкале из минеральных форм азота в воде преобладает нитратный азот. В годовом цикле максимум концентраций нитратного азота приходится на декабрь и составляет $0,46 \text{ мг/дм}^3$, минимум ($0,25 \text{ мг/дм}^3$) наблюдается в период развития водорослей в августе и сентябре. Содержание ионов аммония изменяется от аналитического нуля до $0,05 \text{ мг/дм}^3$, при максимальных значениях в июне. Сезонные изменения концентраций минерального фосфора аналогичны таковым нитратного азота: их максимум (до 10 мкг P/l) отмечен зимой, минимум ($1\text{--}2 \text{ мкг P/l}$) в июле и августе. Полученные результаты показали, что содержание органических форм азота и фосфора выше, чем их минеральных соединений. Установлено, что динамика органических соединений противоположна минеральным. Так, повышенные концентрация органических форм азота (170 мкг/l) и фосфора (30 мкг/l) наблюдались в июле–августе, когда содержание их минеральных форм было минимальным. В сезонной динамике содержания кремния наблюдается два минимума в апреле и в июле (до $0,15 \text{ мг Si/l}$), максимальные значения $0,47 \text{ мг Si/l}$ отмечены в январе-феврале.

Анализ результатов и сравнение их с таковыми (Вотинцев, 1960) показали изменения в сезонном ходе биогенных элементов. Ранее отмечалось два максимума зимний (декабрь) и летний (июль). В современный период сезонная динамика концентраций биогенных элементов выражена более слабо – летнего максимума в содержание биогенных элементов не наблюдается. Можно предположить, что в современный период происходит более раннее развитие летних видов водорослей, что приводит к отсутствию июльского максимума соединений азота и фосфора.

SECONDARY FORMATION OF STRUCTURE II GAS HYDRATE DURING DISSOCIATION OF STRUCTURE I MIXED-GAS HYDRATE COMPOSED OF METHANE AND ETHANE

Oota Y.¹, Hachikubo A.², Takeya S.²

¹Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan

²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Central, Tsukuba, Japan
hachi@mail.kitami-it.ac.jp

Double structure gas hydrate, composed of the cubic structure I and II, has been discovered in a same sediment core retrieved at the central Baikal basin. The structure II gas hydrate contained 13-15% of ethane, on the contrary, the structure I has only 1-3 % of ethane. It has been reported that a structure II gas hydrate appears in appropriate composition of methane and ethane (Subramanian *et al.*, 2000a; 2000b). Some models tried to explain how the double structure formed (Hachikubo *et al.*, 2009; Manakov *et al.*, 2013); however, which structure first formed has been still unknown. Synthetic mixed-gas hydrates composed methane and ethane were formed and their dissociation process was investigated by using a calorimeter (Hachikubo *et al.*, 2008). In most cases, two peaks of heat flow appeared and the dissociation process was divided into two parts. This can be understood in the following explanation that (1) the sample contained both crystallographic structures (I and II), and/or (2) ethane-rich gas hydrate formed simultaneously from dissociated gas and showed the second peak of heat flow. However, Raman spectra of these samples showed that the crystallographic structure of the samples was originally unique in most cases. In this study we tried to check the latter process, namely a secondary formation of ethane-rich gas hydrate. We made a methane and ethane mixed-gas hydrate (structure I only) in a pressure chamber. A part of the sample was put into a calorimeter (Setaram BT2.15) and dissociated under the temperature gradient of 0.15 K min⁻¹. We observed double peaks in the thermograph, indicating that a new gas hydrate formed from the dissociation gas of the original hydrate, concentrated ethane, and then dissociated. In the next experiment, we put the rest of the sample into the calorimeter, heated under the same program, and recovered the sample at the end of the first peak of dissociation. The Raman spectra of the sample revealed that a structure II ethane-rich gas hydrate formed secondarily in the sample. Stable isotopes of methane and ethane showed the existence of several‰ difference in ethane δD between the first and second calorimetric peaks, agreed fairly well with the field data of the double structure observed at the Kukuy K-2 mud volcano (Hachikubo *et al.*, 2009).

MICRO-PORE EFFECT ON DISSOCIATION PROCESS OF METHANE HYDRATE AND ISOTOPIC FRACTIONATION OF GUEST MOLECULES

Oota Y.¹, Hachikubo A.², Takeya S.²

¹Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan

²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba, Japan
hachi@mail.kitami-it.ac.jp

Natural gas hydrate has been discovered in the sea and lake bottom sediments. Sediment particles may affect to formation and dissociation processes of gas hydrate because their large contact surface and small pores change equilibrium pressure of gas hydrate. Isotopic fractionation of guest gas between gas and hydrate phases has been reported by Hachikubo *et al.* (2007), however, little is known about the micropore effect on the fractionation of stable isotopes. We conducted calorimetric measurements of methane hydrates (MH) formed with silica-gel pores to investigate thermal properties of MH in the small pores, and measured isotopic difference in methane molecules between MH and residual gas at their formation process. Silica-gel sample (pore diameter: 15 nm) was dried at 423 K for 24 hours and then adsorbed water in a chamber for three days. Methane hydrates were formed with the adsorbed water in silica-gel pores under high pressure of methane (10 MPa) at 273.2 K. Silica-gel samples with methane hydrate were stored in liquid nitrogen and the residual gas was also sampled. The sample was dissociated in a calorimeter. Stable isotopes (carbon and hydrogen) of hydrate-bound and residual methane were

measured by an IRMS. The thermograph revealed that a broad peak around 173 K and other peaks ranged from 193 K to 203 K corresponded to dissociation of pore and bulk hydrates, respectively. Because the dissociation of hydrate formed ice and plugged the pores, a large endothermic peak appeared in the range from 223 K to 273 K and the internal pressure increased due to dissociation of confined hydrate. δD of hydrate-bound methane was 6-7‰ lower than that of residual methane in the formation processes, agreed with the result of Hachikubo *et al.* (2007). While there was no difference in the case of $\delta^{13}C$ (Hachikubo *et al.*, 2007), our results showed that $\delta^{13}C$ of hydrate-bound methane was several‰ higher than that of residual methane, suggesting the effect of micropores.

GEOCHEMISTRY OF PORE WATERS FROM GAS HYDRATE-BEARING CORES RETRIEVED OFF SOUTHWEST SAKHALIN ISLAND, RUSSIA

Oshikiri N.¹, Minami H.¹, Hachikubo A.¹, Yamashita S.¹, Sakagami H.¹, Kasashima R.¹, Kikuchi H.¹, Takano S.¹, Takahashi N.¹, Shoji H.¹, Jin Y.K.², Baranov B.³, Obzhirov A.⁴

¹ Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan

² Korea Polar Research Institute, Incheon, Korea

³ P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

⁴ V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FB RAS, Vladivostok, Russia
minamih@mail.kitami-it.ac.jp

The Sakhalin Slope Gas Hydrate Project (SSGH and SSGH II) is an international collaborative research project by scientists from Japan (Kitami Institute of Technology, KIT), Korea (Korea Polar Research Institute, KOPRI), Russia (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences (POI) and P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (IORAS)), to study natural gas hydrates (GHs) that have accumulated on the continental slope off Sakhalin Island, Okhotsk Sea. The Okhotsk Sea is one of the biggest reservoirs of gas hydrates (GHs) and is one of the most attractive GH study sites in the world (e.g., Zonenshayn *et al.* 1987; Soloviev and Ginsburg 1997; Matveeva *et al.* 2003; Obzhirov *et al.* 2004). The SSGH and SSGH II projects as well as former CHAOS (Carbon Hydrate Accumulations in the Okhotsk Sea) project have made contributions to study subsurface GH system off Sakhalin Island (e.g., Shoji *et al.* 2005; Jin *et al.* 2011; Hachikubo *et al.* 2010; Minami *et al.* 2012). In August of 2012, from June to July of 2013, and in June of 2014, field operations of the SSGH-12, SSGH II-13, and -14 projects were conducted as the LV59, LV62, and LV67 cruises of the *R/V Akademik M.A. Lavrentyev* (Jin *et al.* 2013, 2015; Shoji *et al.* 2014). The sediment cores were retrieved from the seafloor using a steel hydro corer or a steel gravity corer. The pore water was sampled on board from the cores using squeezers designed and constructed at KIT. All chemical/isotopic analyses of water samples were conducted at KIT using an ion chromatograph and an isotope ratio mass spectrometer. During these expeditions, three GH-bearing cores were retrieved from the shallow subsurface seafloor, at the depth of 322 m W.D., at the Tatar trough off southwest Sakhalin Island (e.g., Jin *et al.* 2013, 2015; Sasaki *et al.*, 2014; Shoji *et al.* 2014). A large number of gas flares were observed around the GH-bearing sites (e.g., Baranov *et al.*, 2014). One of the important approach to know GH system at the site is to investigate sediment pore water samples by chemical/isotopic analyses. The fact that low chloride anomaly in the pore water was observed in a lot of cores located adjacent to GH-bearing cores suggests that those GH-free cores (by visual observation) contained GH crystals, which had already dissociated during core recovery and handling, since GH emits pure water when it dissociates. The finding that heavy oxygen isotopic composition was observed in the GH-free cores supports this explanation since GH emits heavy-oxygen isotopic water when it dissociates. However, the fact that light hydrogen isotopic composition was observed in several cores contradicts the former explanation. In addition to these phenomena, the fact that the light isotopic composition of both oxygen and hydrogen in combination with low-chloride anomaly was observed in the GH-bearing cores suggests a complicated geochemical system at the sites. We will present discussion about the geochemical environments involving water/gas migration at the GH-bearing sites.

ROLE OF ORGANIC SUBSTANCE IN FORMATION OF AUTIGENNY MINERALS IN LAKE SYSTEMS OF TAZHERANSKY GROUP

Ovdina E.A., Strakhovenko V.D.

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
oka_2506@mail.ru

The lake systems which are territorially located within uniform landscape and climatic and geological and geochemical conditions of the Tazheransky steppe (Priolkhonye) became objects of

research. All studied lakes drainless, by the size – small (to 1 sq.km), average depth (~ 2 m). Complex studying of data of lake systems gives the chance to estimate: structure (and influence of various factors on it) lake waters and a ground deposit and also to define regularities of autigeny mineralogenesis.

The arid climate, insignificant covering of slopes vegetation, strong winds, characteristic for this territory, promote development of an eolovy erosion and movement of terrigenous material, both with the wind, and with temporary rain streams, and seasonal and daily fluctuations of temperatures lead to increase in extent of chemical aeration of rocks. Proceeding from it, the chemical and mineral composition of rocks from the water-collecting areas is shown as a part of a ground deposit and waters of lakes.

As a part of waters of lake systems of Tazheransky group in cationic part prevail Mg^{2+} magnesium + and Na sodium + (at the subordinated quantity there are Ca^{2+} calcium ions + and K^{+} potassium), while at waters of springs (at lakes) concentration of Ca^{2+} calcium + exceeds concentration of Mg^{2+} magnesium +. In anion part prevail: the hydrocarbonate of HCO_3^- and SO_4^{2-} sulfate (at the subordinated quantity there is a Cl-chlorine), and in all lakes is observed small prevalence of cations over anions that points to presence of the dissolved organic substances. In all lakes in the top part of ground deposits the organic substance (OS) which contents makes from 12% to 32% of deposit lump is revealed.

Autigeny mineralogenesis in lakes of Tazheransky group happens on two limits of the section of phases: water - a ground deposit and water – the atmosphere.

On border water - the atmosphere, on a surface the tsianobakterialnykh is opaque, there is an education of the autigenykh minerals in the form of microcrystals and their congestions, and also in the form of amorphous allocations, such, as: brusit $Mg(OH)_2$, $MgCO_3$ magnesite, $CaSO_3$ calcite.

On border water – a bottom at the top horizons of ground deposits of all lakes there are carbonates. Among carbonate minerals Mg-calcites and Ca-excess dolomite which are subdivided on: 1) low-magnesian calcites with the contents <4-5mol dominate $MgCO_3$ in structure; 2) intermediate magnesian calcites with the contents 5-18 pier. $MgCO_3$ in structure; 3) high-magnesian calcites with the contents 30-43 pier. $MgCO_3$; 4) Ca-excess dolomite in which structure surplus of $CaCO_3$ can reach the 7th pier. % of rather stekhiometrichesky dolomite, and also in a number of lakes are established, besides, aragonite, monohydrocalcite, rhodochrosite.

As a result of activity of the bacteria and fungi living in benthonic part and in the first centimeters of a deposit in large quantities there is a destruction of initial organic mass of ils to release of gases – CO_2 , H_2S , NH_3 , etc., thus the formed gases lead to processes of a new growth of pyrites in the form of microcrystals and groups of crystals of various gabitus, and also single framboid (specific forms of stay (from the French framboise – raspberry; Kizilstein, 2007) and their congestions since the most top layers of a deposit and up to the depth of 1 m.

Thus, it is established that in lake systems of Tazheransky group there is a modern autigeny mineralogenesis on two limits of the section of phases which is directly connected with the content of organic substance.

РОЛЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ОБРАЗОВАНИИ АУТИГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ В ОЗЕРНЫХ СИСТЕМАХ ТАЖЕРАНСКОЙ ГРУППЫ

Овдина Е.А, Страховенко В.Д.

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия
ока_2506@mail.ru

Объектами исследования стали озерные системы, территориально расположенные в пределах единых ландшафтно-климатических и геолого-геохимических условий Тажеранской степи (Приольхонье). Все исследованные озера бессточные, по размеру – малые (до 1 км²), средней глубины (~2 м). Комплексное изучение данных озерных систем дает возможность оценить: состав (и влияние различных факторов на него) озерных вод и донного осадка, а также определить закономерности аутигенного минералообразования.

Аридный климат, незначительное покрытие склонов растительностью, сильные ветры, характерные для данной территории, способствуют развитию эоловой эрозии и передвижению терригенного материала, как с ветром, так и с временными дождевыми потоками, а сезонные и суточные колебания температур приводят к увеличению степени химического выветривания горных пород. Исходя из этого, химический и минеральный состав горных пород с водосборных площадей проявляется в составе донного осадка и вод озер.

В составе вод озерных систем Тажеранской группы в катионной части преобладают магний Mg^{2+} и натрий Na^{+} (в подчиненном количестве присутствуют ионы кальция Ca^{2+} и калия K^{+}), в то время, как в водах родников (при озерах) концентрация кальция Ca^{2+} превышает концентрацию магния Mg^{2+} . В анионной части преобладают: гидрокарбонат HCO_3^- и сульфат SO_4^{2-} (в подчиненном количестве присутствует хлор Cl^-), причем во всех озерах наблюдается небольшое

преобладание катионов над анионами, что указывает на присутствие растворенных органических веществ. Во всех озерах в верхней части донных отложений обнаружено органическое вещество (ОВ), содержание которого составляет от 12% до 32% от общей массы осадка.

Аутигенное минералообразование в озерах Тажеранской группы происходит на двух границах раздела фаз: *вода - донный осадок* и *вода – атмосфера*.

На границе вода – атмосфера, на поверхности цианобактериальных матов, происходит образование аутигенных минералов в виде микрокристаллов и их скоплений, а также в виде аморфных выделений, таких, как: брусит $Mg(OH)_2$, магнезит $MgCO_3$, кальцит $CaCO_3$.

На границе вода – дно в верхних горизонтах донных отложений всех озер присутствуют карбонаты. Среди карбонатных минералов доминируют Mg-кальциты и Ca-избыточные доломиты, которые подразделяются на: 1) низкомагнезиальные кальциты с содержанием < 4-5 мол.% $MgCO_3$ в структуре; 2) промежуточные магнезиальные кальциты с содержанием 5-18 мол. % $MgCO_3$ в структуре; 3) высокомагнезиальные кальциты с содержанием 30-43 мол. % $MgCO_3$; 4) Ca-избыточные доломиты, в структуре которых избыток $CaCO_3$ может достигать 7 мол.% относительно стехиометрического доломита, а также в ряде озер установлены, кроме того, арагонит, моногидрокальцит, родохрозит.

В результате жизнедеятельности бактерий и грибов, обитающих в придонной части и в первых сантиметрах осадка в огромных количествах, происходит разрушение исходной органической массы илов с выделением газов – CO_2 , H_2S , NH_3 и др., т.о. образующиеся газы приводят к процессам новообразования *пирита* в виде микрокристаллов и групп кристаллов различного габитуса, а также одиночных фрамбоидов (специфические формы нахождения, от французского framboise – малина; Кизильштейн, 2007) и их скоплений начиная с самых верхних слоев осадка и до глубины 1 м.

Таким образом, установлено, что в озерных системах Тажеранской группы происходит современное аутигенное минералообразование на двух границах раздела фаз, которое непосредственно связано с содержанием органического вещества.

COMPOSITION OF ASH-SLAG MATERIALS OF CPP FROM BPPP, AND PERSPECTIVES OF THEIR UTILIZATION

Paradina L.F.¹, Khakhuraev O.A.¹, Pavlova L.A.², Chuparina Ye.V.², Suturin A.N.¹

¹Limnological Institute of RAS SB, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia

²Institute of Geochemistry of RAS SB, 1-a, Favorsky st., Irkutsk 664033, Russia
paradina@lin.irk.ru

Within the project for elimination of negative environmental impact from waste resulted from BPPP activity, we studied composition and properties of materials from ash and slag containers (ASM) as well as initial products for landfills (ash after burning of sludge lignin and ash of coal from CPP of BPPP). We used such analytical methods as inductively coupled plasma mass-spectrometer (ICP-MS), X-ray spectral micro-analysis (XRSMA), X-ray spectral fluorescent analysis (XRFA).

Bulk chemical composition of ASM, sludge lignin ash and of some fractions of fly ash is determined by two methods: ICP-MS and XRFA. Spectra of Be, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Cs, Ba, La, Ce, W, Pb, Th, U are measured at quadrupole mass-spectrometer Agilent 7500 (Agilent Technologies) and X-ray spectrometer S4 Pioneer (Bruker, Germany). Ash from BPPP CPP consists of fine-grained silica and alumina with a high content of ferrous fractions. Lack of considerable contents of calcium and magnesium determines a medium generated by ash from tanks as weakly alkaline or neutral one. Elevated contents of lead, arsenic, cadmium and other heavy metals were not detected in ASM. Uranium and thorium concentrations correspond to background values for the Baikal region. The composition of sludge lignin ash reflects one of sludge lignin ingredients: lignin, polyacrylamide, alumina. The alumina content is 62-63%. There is considerably less silicon than in coal ashes, but there is more phosphorus by one order of magnitude. Ash pulp, which was brought during last years to ash disposal area and to some containers of sludge tanks was formed due to sludge lignin ash and to CPP ash. As ashes from sludge lignin formed in smaller volume, ashes mixture in the upper layers of tanks presents mainly coal ash.

To study fractions mineral composition and structure, we used XRCMA method. The analysis was done using a micro-analyzer JXA8200 (JEOL Ltd, Japan). Maps of X-ray distribution at a given area present with high quality the distribution of such elements as F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Zr. Elements contents in the particles are determined using energy dispersion spectrometer EX-84055MU. Large particles of ASM (>3150 μm) are mainly agglomerates of particles of different size, not completely burnt coal pieces, very destroyed debris of rocks, caverns and fissures of which are filled with glass phase. The content of different modifications of coke debris does not exceed 4%. Particles sized $r < 125 \mu m$ making ca. 70% of ash mass are mainly presented by glassy silica-alumina phase as particles of shepic shape sized 1-100 μm . Porous siliceous ash particles can be a coagulant for

lignin deposition. Mixing of ash with sludge lignin in the ratio of 1:1 results in dehydration of sludge lignin. Ferrite micro-spheres consist of crystalline phase based on spinel and glassy phase. The iron in ash particles is able to bind sulfur from waste sulfur containing gases into a sulfide FeS_2 , a neutral and toxic compound, hydrogen sulfide emission stops. There are such crystalline phases in ASP as α -quartz, mullite and hematite. Ash particles from sludge lignine have mainly a sharp-cornered shape, hollow globules lack, glassy phase contains organic debris. There are newly formed chlorine lignin and NaCl. Total chlorine content in the mixture does not exceed 0.05 %.

The results of studies showed that ash slag waste manifests peculiarities of burning technology and mineral composition of initial coal by its chemical composition, morphology and mineral phases size. In ash and slag, heavy metals concentration does not exceed maximal allowed concentrations allowing use this waste for production of concrete, heat insulation materials, agloporite gravel, for filling of road carpets as well as building and agriculture. One of considerable ways of use of ASP can be building of debris flow protective facilities as well as recultivation of sludge lignin tanks by mixing with BPPP ash.

СОСТАВ ЗОЛОШЛАКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЭЦ БЦБК И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

**Парадина Л.Ф.¹, Хахураев О.А.¹, Павлова Л.А.²,
Чупарина Е.В.², Сутурин А.Н.¹**

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия

paradina@lin.irk.ru

В рамках проекта ликвидации негативного воздействия на окружающую среду отходов, накопленных в результате деятельности БЦБК, изучены состав и свойства материалов из золошламонакопителей (ЗШМ), а также исходные для захоронения на картах продукты (золы после сжигания шлам-лигнина и золы угля ТЭЦ БЦБК). В качестве аналитических использовались метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), рентгеноспектральный микроанализ (РСМА), рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РФА).

Валовый химический состав ЗШМ, золы шлам-лигнина и отдельных фракций летучей золы определен 2 методами: ИСП-МС и РФА. Спектры Be, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Cs, Ba, La, Ce, W, Pb, Th, U измерены на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500 (фирма Agilent Technologies) и рентгеновском спектрометре S4 Pioneer фирмы Bruker (Германия). Зола ТЭЦ БЦБК кремнисто-глинозёмистая тонкозернистая с высоким содержанием железистых фракций. Отсутствие значимых содержаний кальция и магния определяет среду, создаваемую золой из отстойников, как слабощелочную или нейтральную. В ЗШС не обнаружено повышенных содержаний свинца, мышьяка, кадмия и других тяжелых металлов. Уран и торий по своим концентрациям соответствуют фоновым значениям для байкальского региона. Состав золы шлам-лигнина отражает состав ингредиентов шлам-лигнина: лигнин, полиакриламид, глинозём. Содержание глинозёма составляет 62-63%. Кремния значительно меньше, чем в золах угля, зато на порядок больше фосфора. Зольная пульпа, которая в последние годы сбрасывалась на золоотвалы и некоторые карты шламонакопителей, формировалась за счет золы шлам-лигнина и золы ТЭЦ. Так как золы шлам-лигнина по объему образовывалось меньше, чем золы углей ТЭЦ, поэтому в верхних слоях карт смесь зол отражает в большей степени угольную золу.

Для изучения минерального состава и структуры фракций золы использован метод РСМА. Анализ выполнен на микроанализаторе JXA8200 (JEOL Ltd, Япония). На качественном уровне распределение элементов F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Zr показано с помощью карт распределения по заданной площади рентгеновского излучения. Содержания элементов в частицах определены с помощью энергодисперсионного спектрометра EX-84055MU. Крупные частицы ЗШМ (>3150 мкм), в основном, это спеки частиц разного размера, не до конца сгоревшие кусочки угля, сильно разрушенные обломки горных пород, каверны и трещины которых заполнены стеклофазой. Содержание различных модификаций коксовых остатков не превышает 4%. Частицы размером $r < 125$ мкм, на долю которых приходится около 70% массы золы, в основном, представлены стекловидной алюмосиликатной фазой, имеющей вид частиц шарообразной формы размером 1-100 мкм. Пористые глинозёмистые частицы золы могут выступать в роли коагулянта для со осаждения лигнина. Перемешивание золы со шлам-лигнином в соотношении 1:1, приводит к обезвоживанию шлам-лигнина Ферритовые микросферы состоят из кристаллической фазы на основе шпинели и стекловидной фазы. Железо в зольных частицах способно связывать серу из серосодержащих газов отходов в сульфид FeS_2 , нейтральное и нетоксичное соединение, при этом выделение сероводорода прекращается.. Из кристаллических фаз в ЗШМ присутствуют α -кварц, муллит, а также гематит. Частицы золы шлам-лигнина в основном имеют остроугольную форму, полые шарики отсутствуют, стеклофаза содержит остатки

органики. Встречаются новообразования хлор-лигнина и NaCl. Общее содержание хлора в смеси не превышает 0,05 %.

Результаты исследований показали, что золошлаковые отходы по химическому составу, морфологии и размеру минеральных фаз отражают особенности технологии сжигания, а также состав минеральной части исходного угля. В золе и шлаке концентрация тяжелых металлов не превышает ПДК, что позволяет применять эти отходы в изготовлении бетона, утеплителей, аглопоритового гравия, в качестве наполнителя для дорожных покрытий, а также в строительстве и сельском хозяйстве. Одним из значительных по объему использованием ЗШМ может стать строительство селезащитных сооружений, рекультивация карт-накопителей шлам-лигнина способом перемешивания с золой БЦБК.

ACCUMULATION OF CHEMICALS BY BAIKALIAN AMPHIPODS

Paradina L.F.¹, Ladenkova O.A.¹, Pavlova L.A.²

¹Limnological Institute of RAS SB, 3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia

²Institute of Geochemistry of RAS SB, 1-a, Favorsky st., Irkutsk 664033, Russia
paradina@lin.irk.ru

Crayfishes of amphipods order are considered as the richest in species group among Baikalian hydrobionts. The Amphipods are presented in Lake Baikal by more than 300 species and sub-species. They occupy practically all habitats of lake from shore-line to maximal depths. At the stony Baikalian littoral, this is one of main benthic groups. By monitoring data, the amphipods are the most effective indicators of change in environment pollution levels; they are able to accumulate pollutants from water and food.

In this work, we attempt to assess change in elemental composition of amphipods of the species

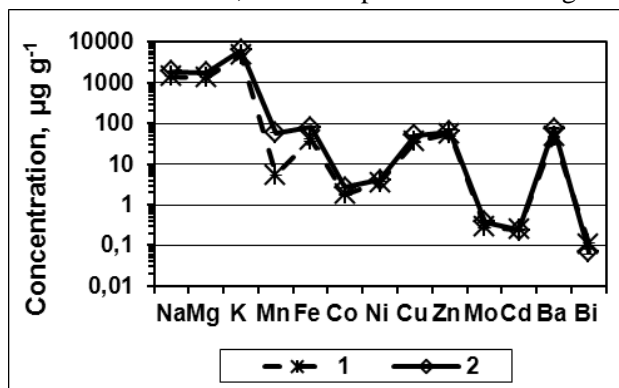


Fig. 1. Dependence of elemental composition of *E. vittatus* on sexual identity.

1 - females, 2 - males.

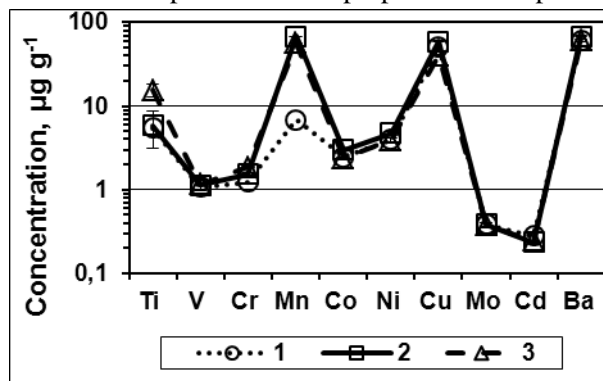
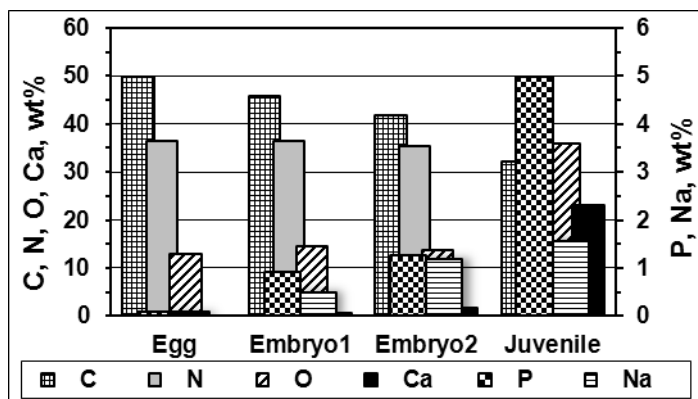


Fig. 2. Microelements content in the tissues of some amphipods species: 1 - *E. cyaneus*, 2 - *E. vittatus*, 3 - *E. verrucosus*.

E. verrucosus, *E. vittatus*, *E. cyaneus* with age. Animals were sampled in the near-shore zone of Lake Baikal (Listvenichny Bay) at the depth of 0.5-1.0 m during 2010-2013 in spring, summer and autumn. In the laboratory, amphipods species was determined, males and females were placed into different jars, the animals were kept during several days in distilled water at 4°C. For optimal regime support, experimental cameras were aerated.

Accumulation and distribution of elements from Li to U in amphipods were assessed by inductively coupled plasma mass-spectrometer (ICP-MS) method. Preliminarily, the benthic organisms were thoroughly cleaned from mineral particles and silt, sorted by different development stages, homogenized, dried up to constant weight at 105°C. Powdery material was converted into solution by acidic decomposition in open systems at ultra-sound exposure. Micro-elements were measured at



inductively coupled plasma mass-spectrometer Agilent 7500. To make calibration graphs, we used multi-elemental solutions (CLMS-1, CLMS-2, CLMS-4, USA). We added In as internal standard. The correctness of the result obtained was checked using a standard sample BOK (SSS No 9055-2008) and by addition method. Relative mean-square deviations closely to the detection limit did not exceed 0.35. The results of analysis are presented in Figs. 1, 2.

Morphology and material composition of separate specimens at different life stages was studied using X-ray spectral micro-analysis. Benthic organisms were fixed, then they were neither dried at critical points or covered with epoxy resin for preparation of slices. The preparations were glued on a carbon film and sputtered with gold. Elements contents (C, N, O, Ca, P, Na, K, Cu, Fe, Si, Al) were determined at X-ray micro-analyzer JXA8200 equipped with energy dispersion spectrometer EX-84055MU (Fig. 3).

The study performed resulted in finding of elemental composition of Baikalian amphipods *E. cyaneus*, *E. verrucosus*, *E. vittatus* and of their habitat. We surveyed the degree of accumulation of chemicals depending on development stage, animal species and sexual identity.

The work was supported by RFBR grant No 10-03-01135.

АККУМУЛЯЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ БАЙКАЛЬСКИМИ АМФИПОДАМИ

Fig. 3. Change in microelements content at different life stages at amphipods of the species *E. cyaneus*.

Парадина Л.Ф.¹, Ладенкова О.А.¹, Павлова Л.А.²

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия
paradina@lin.irk.ru

Среди байкальских гидробионтов богатейшей в видовом отношении группой считаются раки из отряда амфипод. Амфиподы представлены в Байкале более чем тремя сотнями видов и подвидов. Они заселили в озере практически все места обитания от уреза воды до максимальных глубин. На каменистой литорали Байкала это одна из основных групп бентоса. По данным биомониторинга бокоплавы являются наиболее эффективными индикаторами изменения уровней загрязнения среды, способны аккумулировать загрязняющие вещества из воды или пищи.

В данной работе предпринята попытка оценить, как меняется элементный состав амфипод вида *E. verrucosus*, *E. vittatus*, *E. cyaneus* с возрастом. Животных отбирали в прибрежной зоне оз. Байкал (залив Лиственничный) на глубине 0,5-1,0 м в течение 2010-2013 гг. весной, летом и осенью. В лаборатории определяли вид амфипод, рассаживали самок и самцов в отдельные сосуды и выдерживали животных несколько суток в дистиллированной воде при температуре 4 °С. Для поддержания оптимального режима, экспериментальные камеры аэрировали. Накопление и распределение элементов от Li до U в амфиподах оценивали методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). Предварительно бентосные организмы тщательно очищали от минеральных частиц и ила, выделяли разные стадии развития, гомогенизировали, высушивали до постоянного веса при температуре 105°С. Порошкообразный материал переводили в раствор способом кислотного разложения в открытых системах при ультразвуковом воздействии. Измерения микроэлементов выполняли на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7500. Для построения калибровочных графиков использовали многоэлементные растворы (CLMS-1, CLMS-2, CLMS-4, USA). В качестве внутреннего стандарта добавляли In. Правильность полученных результатов проверяли с помощью стандартного образца БОк-2 (ГСО № 9055-2008) и способом добавок. Относительные среднеквадратичные отклонения вблизи предела обнаружения не превышали 0,35. Результаты анализа представлены на рис. 1, 2.

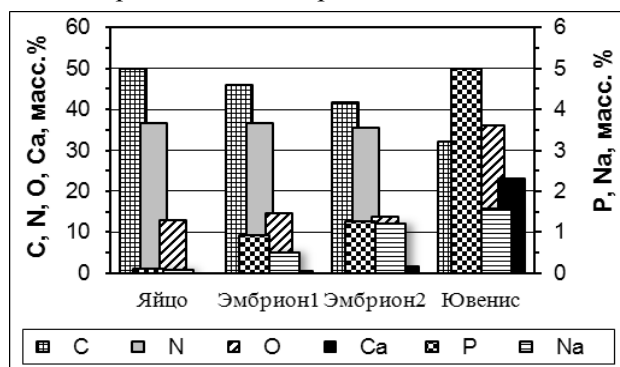


Рис. 3. Изменение содержания макроэлементов на разных стадиях жизни амфипод вида *E. cyaneus*.

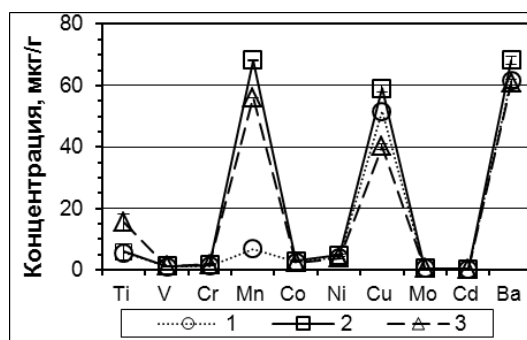


Рис. 2. Содержание микроэлементов в тканях некоторых видов амфипод: 1 – *E. cyaneus*, 2 – *E. vittatus*, 3 – *E. verrucosus*.

Морфологию и вещественный состав отдельных особей на разных стадиях жизни изучали с помощью рентгеноспектрального микроанализа. Бентосные организмы фиксировали, затем либо

высушивали в критической точке, либо заливали эпоксидной смолой и приготавливали тонкие срезы. Препараты наклеивали на углеродную пленку и напыляли золотом. Содержания элементов (С, N, O, Ca, P, Na, K, Cu, Fe, Si, Al) определяли на рентгеновском микроанализаторе JXA8200, снабженном энергодисперсионным спектрометром EX-84055MU (рис. 3).

В результате проведенных исследований найден элементный состав амфипод оз. Байкал вида *E. cyaneus*, *E. verrucosus*, *E. vittatus* и среды их обитания. Прослежена степень накопления химических элементов в зависимости от стадии развития, вида животных и половой принадлежности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 10-03-01135.

DEEP THERMOPHILIC MICROORGANISMS IN THE SURFACE SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL: BIOLOGICAL DIVERSITY AND ROLE IN THE TRANSFORMATION OF ORGANIC MATTER

Pavlova O.N.¹, Bukin S.V.¹, Lomakina A.V.¹, Shubenkova O.V.¹, Manakov A.Y.²,
Moskvin V.I.³, Morozov I.V.⁴, Mamaeva E.V.¹, Nikitina A.A.,
Khabuev A.V.¹, Zemskaya T.I.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia

³Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia

⁴Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia
pavlova@lin.irk.ru

In the late XXth century, the first data on the profiles of microbial activity, the total number of microorganisms and cultivated variety of forms in the deep layers of marine sediments (Cragg et al., 1990; Parkes et al., 1990, 1994), that were obtained within the Ocean Drilling Program, were among the evidence in favour of the hypothesis of the existence of the deep biosphere (Gold, 1992). Lake Baikal is a rift lake and considered one of the prospective fields for deep biosphere investigations (Crane et al. 1991; Biddle et al. 2012), the transformation processes of organic matter by microbial communities from deep bottom sediments and likely entering of the microorganisms from deep sediments into the near-surface sediments were not previously studied in Lake Baikal.

A series of experiments have shown that a rather long culturing of a natural microbial community from the selvage (methane seep) at a temperature of 80°C and pressure of 49.5 atm favoured the development of viable thermophilic microorganisms brought by gas-bearing fluid from deep layers of sediments to the surface ones.

The presence of the viable microorganisms in the sediment after experiment has been confirmed by the following culturing. We have identified the members of the order *Clostridiales* capable of chemolithotrophic growth at 80°C due to the reduction of CO₂ to acetate and hydrolysis of a wide range of organic matters, including cellulose. We have also detected a member of the genus *Paracoccus* sp. having mixotrophic metabolism.

The phylogenetic diversity of microbial communities from the bottom sediments after culturing under the condition of high pressure and temperature was characterized by the presence of microorganisms with high similarity with the bacteria identified in hot springs, subsurface sediments, hydrocarbon-contaminated soils and sediments, and in hydrate-bearing deep bottom sediments of the marine ecosystems, where these microorganisms provide H₂-dependent degradation of the buried organic matter. Analysis of total DNA of sediments has indicated unique clones which closest relatives are associated with uncultured bacteria with still indefinite phylogenetic status. They are likely to represent unique branches in the cycles of nitrogen, carbon and sulphur.

Organic matter of bottom sediments enriched with detritus of the alga *Synedra acus* was 17.4% transformed to form a tricyclic aromatic hydrocarbon, retene. As a rule, retene is regarded as a conifer biomarker (van Aarssen et al. 2000; Meyers 2009). However, retene is not systematically present in petroleum derived from terrestrial plants and is often found in sediments and original reservoir bitumen rich in alga organic matter.

Therefore, studies of microorganisms coming from the deep area may be useful for determining the origin of Baikal oils, as well as the role of microorganisms in their formation and destruction. Regarding the retene as a conifer biomarker for interpretation of the changes in the recent past, the data obtained would allow better interpretation the processes taking place in the remote past.

This work was supported by the state task No 0345–2014–0009 “Geobiochemical studies of the methane cycles...” and interdisciplinary project No. 82.

ГЛУБИННЫЕ ТЕРМОФИЛЬНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ОСАДКАХ ОЗ. БАЙКАЛ: БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И РОЛЬ В ПРЕОБРАЗОВАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Павлова О.Н.¹, Букин С.В.¹, Ломакина А.В.¹, Шубенкова О.В.¹,
Манаков А.Ю.², Москвин В.И.³, Морозов И.В.⁴, Мамаева Е.В.¹,
Никитина А.А.¹, Хабуев А.В.¹, Земская Т.И.¹

¹ Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

² Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия

³ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
Новосибирск, Россия

⁴ Институт химической биологии и фундаментальной медицины, Новосибирск, Россия
pavlova@lin.irk.ru

В конце 20 века первые данные о профилях микробной активности, общей численности микроорганизмов и разнообразии культивируемых форм в глубинных слоях морских осадочных отложений (Cragg et al., 1990; Parkes et al., 1990, 1994), полученные в ходе выполнения программы океанического бурения, стали одними из свидетельств в пользу гипотезы о существовании глубинной биосферы (Gold, 1992). Озеро Байкал является рифтовым и считается одним из перспективных мест изучения глубинной биосферы (Crane et al. 1991; Biddle et al. 2012). Процессы преобразования органического вещества микробным сообществом глубинных донных осадков и возможность их поступления в приповерхностные осадки озера Байкал ранее не изучались.

С помощью серии экспериментов установлено, что достаточно длительное культивирование природного микробного сообщества из приразломной области метанового сипа при температуре 80 °С и давлении 49,5 атм способствует развитию жизнеспособных термофильных микроорганизмов, привнесенных газосодержащим флюидом, из глубинных слоев байкальских осадков в поверхностные. Наличие жизнеспособных микроорганизмов в осадке после эксперимента подтверждено дальнейшим культивированием – выявлены представители порядка *Clostridiales*, обладающие способностью к хемолитоавтотрофному росту при температуре 80 °С за счет восстановления CO₂ до ацетата, гидролизу широкого спектра органических веществ, в том числе и целлюлозы, а так же представитель р. *Paracoccus* с миксотрофным метаболизмом.

Филогенетическое разнообразие микробного сообщества донных осадков после культивирования при повышенных давлении и температуре, характеризовалось наличием микроорганизмов, имеющих высокий процент сходства с бактериями, выявленными в горячих источниках, в подповерхностных осадках, в осадках и почвах загрязненных углеводородами, а также в гидрат-содержащих глубинных донных отложениях морских экосистем, где данные микроорганизмы выполняют функции H₂-зависимого разложения захороненного органического вещества. Анализ суммарной ДНК осадков выявил уникальные клоны, ближайшие родственники которых отнесены к некультивируемым бактериям, филогенетический статус которых в настоящее время остается не определенным и которые, вероятно, могут представлять уникальные ветви в циклах азота, углерода, серы.

Органическое вещество донных осадков оз. Байкал, обогащенное мортмассой диатомовой водоросли *Synedra acus*, после эксперимента на 17,4 % было преобразовано с образованием трициклического ароматического углеводорода – ретена. Ретен, как правило, рассматривается как биомаркер хвойных растений (van Aarssen et al. 2000; Meyers 2009). Тем ни менее, показано, что ретен не всегда выявляется в нефтях, имеющих наземное происхождение и достаточно часто обнаруживается в осадках, обогащенных биомассой водорослей. Полученные результаты доказывают, что ретен является не только биомаркером хвойных растений, но и может образовываться при деструкции диатомовых водорослей, что необходимо учитывать при интерпретации палеоклиматических данных. Поэтому исследования микроорганизмов, поступающих из глубинной зоны, могут быть полезны для установления источников образования байкальских нефтей, а также роли микроорганизмов в процессах ее образования и деструкции.

Работа выполнена в рамках гос. задания по теме № 0345–2014–0009 «Геобиохимические исследования циклов метана...» и интеграционного проекта № 82.

DYNAMICS OF THE NUMBER OF WHITEFISH ISACHENKO – INDICATOR OF ECOSYSTEM TAILRACE KRASNOYARSK HPS

Perezhilina E.V.¹, Perezhilin A.I.¹, Gaydenok N.D.¹

¹Siberian state technological university, Krasnoyarsk, Russia,
ivr@sibgtu.ru

It is also a curious fact can be attributed to a spontaneous outbreak in 1982 – 1988 years. the number of subspecies of river whitefish – cisco Isachenko and subsequent domination of the Yenisei grayling. That is, the status of the flash rather than a permanent increase in the number of whitefish Isachenko development is the essence of the problem. Attempts to explain it only poaching do not hold – as grayling fishing is subject to the consumer, but instead of reducing the number of rank of field facilities. So the reason is not overfishing.

To answer this question were involved observation of practical features of the downstream elements of the ecosystem of the Krasnoyarsk hydroelectric power station (ENB), knowledge of feed strategies grayling and whitefish, hydrology Yenisei – the costs and levels.

As a result, the following facts: facts caught whitefish adjusted for age have been dated to the years of low water levels, which have been precisely in 1970-1980-ies. Next – the episodic.

Explanation of the effect of low water levels on the effectiveness of spawning whitefish is that the water level is low the set flow turns into something like a curia, where there are optimal for the development of the eggs fall-spawning whitefish water temperature of 0.1°C (see. Our Inst. In the crust. Miscellany). During the high water level, which the majority, the flow operates in the domestic mode, where the water temperature > 2.1 °C and hatching larvae occurs prematurely in poor feed water.

In spring-spawning grayling influence levels hardly significant, and therefore it has a flourishing (600-700 t / water area) instead of reducing numbers. Thus, it hydrology, and not as poaching and emissions PPM definitely bring a negative contribution, defined drop in the number of whitefish.

But this is not the only reason. Another unexpected aspect in reducing the number of whitefish proved reduction in the area as a result of feeding water with moss overgrown riverbed, which at low cost is low volume fans. Whitefish is not a zaroslevo form, prefer to feed in open areas at the level of plant cover in 30%. Grayling, on the contrary has a different strategy for feed - ambush predator. He lives on the borders of shrubs and instantly have enough food.

In addition, the water moss on the other hand, being a nursery space for the main food item ENB fish fauna of amphipods, contributes to their prosperity.

However, on the other – also lowers the main growing area of food amphipods – microphytobenthos. For an answer on the impact of the complex as conflicting relationships on the dynamics of the dominant ENB it has been made mathematical modeling, which gave the results shown in Fig. 1. The model is verified by survey data of fishermen and scientists on the results of the history of dominant ENB.

As I mentioned above the main factor influencing the development of a hydrological regime ENB waters defined by the peculiarities of the Krasnoyarsk hydroelectric power station, and particularly water discharges or summer floods, the consequences of which are clearly seen in Fig. 1, especially for the period after 2004, when a series of floods virtually lowered the biomass of all elements of ENB and 30-50%. To restore it to its highest level 1995-2003 years it needs about 20 – 30 years in the absence of floods.

From general ecological “position a spatial dynamics of water moss is a move of waves” front and its formal description is dissipative structure.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ СИГА ИСАЧЕНКО – ИНДИКАТОР РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМЫ НИЖНЕГО БЬЕФА КРАСНОЯРСКОЙ ГЭС

Пережилина Е.В., Пережилин А.И., Гайденок Н.Д.

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск, Россия
ivr@sibgtu.ru

К любопытным фактам также можно отнести и спонтанную вспышку в 1982 – 1988 гг. численности подвида речного сига – сиг Исаченко и последующее доминирование енисейского хариуса. Именно, статус вспышка, а не постоянного увеличения численности в развитии сига Исаченко составляет суть проблемы. Попытки объяснить только ее браконьерством не выдерживают критики – хариус также является объектом потребительского лова, но, вместо сокращения численности имеет ранг промыслового объекта. Значит, причина заключается не в перелове.

Для ответа на поставленный вопрос были привлечены наблюдения по практическим

особенностям развития элементов экосистемы нижнего бьефа Красноярской ГЭС (ЭНБ), знания о кормовых стратегиях хариуса и сига, гидрологии Енисея – расходы и уровни.

В результате получены следующие факты: все факты поимки сига с учетом поправки на возраст были приурочены к годам с низкими уровнями воды, которые были именно в 1970-1980-х гг. Далее – эпизодично.

Объяснение влияния низких уровней воды на эффективность нереста сига заключается в том, что при низком уровне воды множество протоков превращается в некоторое подобие курий, где наблюдаются оптимальные для развития икры осенне-нерестующего сига температуры воды $0,1^{\circ}\text{C}$ (см. наши иссл. в наст. сборнике). В годы с высоким уровнем воды, которых большинство, протока функционирует в бытовом режиме, где температуры воды $> 2,1^{\circ}\text{C}$ и выклев личинки происходит преждевременно в бедную кормом воду.

У весенне-нерестующего хариуса влияние уровней практически не значимо и поэтому он имеет расцвет (600-700 т/акваторию) вместо снижения численности. Таким образом, именно гидрология, а не столь браконьерство и выбросы ЦБК, безусловно приносящие свой отрицательный вклад, определила падение численности сига.

Но это не единственная причина. Другим неожиданным моментом при снижении численности сига оказалось сокращение площади кормления в результате зарастание русла водным мхом, который при низких расходах имеет низкие объемы выноса. Сиг же, не являясь

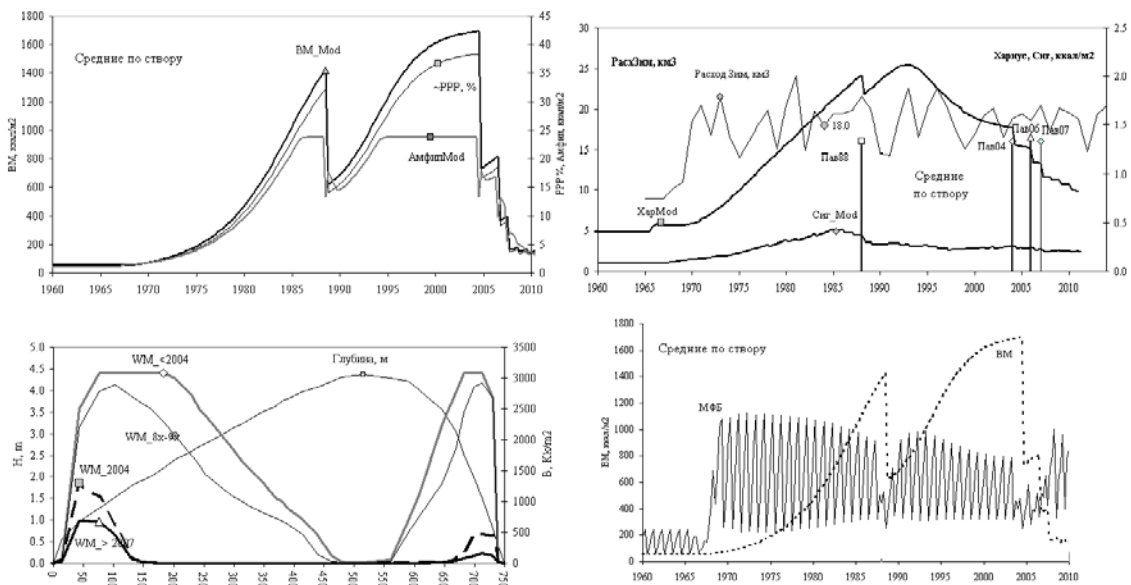


Рис. 1.

зарослевой формой, предпочитает кормиться на открытых пространствах при уровне проективного покрытия растительности в 30%. Хариус, наоборот имеет другую кормовую стратегию – хищник-засадчик. Он обитает на границах зарослей и мгновенно хватает корм. Кроме того, водный мох, с другой стороны, являясь ясельным пространством для основного кормового объекта ихтиофауны ЭНБ амфипод, способствует их процветанию. Однако с другой – также понижает площадь произрастания основного корма амфипод – микрофитобентоса.

Для получения ответа о влиянии комплекса столь противоречивых связей на динамику развития доминантов ЭНБ было предпринято математическое моделирование, которое дало результаты, показанные на рис. 1. Верификация модели проводилась по опросным данным рыбаков и результатам ученых по хронологии развития доминантов ЭНБ.

Как уже упоминалось выше основным фактором влияния на развитие ЭНБ является гидрологический режим акватории, определяемый особенностями работы Красноярской ГЭС и, особенно, сбросы воды или летние паводки, последствия которых ярко видны на рис. 1, особенно для периода после 2004 г., когда серия паводков практически понизила биомассу всех элементов ЭНБ до 30-50%. Для восстановления ее до максимального уровня 1995-2003 гг. потребуется порядка 20-30 лет при отсутствии паводков.

С общеэкологических позиций мох – эдификатор ЭНБ его пространственная динамика представляет движение фронта волны, а ее формальное описание относится к диссипативным структурам.

CARBON DIOXIDE AND METHANE IN THE ATMOSPHERE AND WATER OF LAKE BAIKAL (2012-2014)

Pestunov D.A.¹, Domysheva V.M.², Shamrin A.M.¹, Ivanov V.G.², Sakirko M.V.², Panchenko M.V.¹

¹V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia,

²Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia,

hydrochem@lin.irk.ru, pest@iao.ru, pmv@iao.ru

The study of the main carbonaceous gases fluxes (CO₂ and CH₄) is of particular importance for the ecosystem of Lake Baikal. Nowadays the need in the study of carbon cycle is determined not only by the scientific significance of this issue, but also by the appearance of questionable ideas of different kind about a decrease in the concentration of carbonaceous gases through active influence on the composition of the atmosphere or natural water bodies. With the available instrumentation, we monitored earlier only the concentration of carbon dioxide in the atmosphere and water at the stationary scientific research station of the Limnological Institute SB RAS. The modification of the gas analyze system in 2012 has allowed us to start synchronous measurements of the carbon dioxide and methane content in the near-water atmospheric layer, as well as in the near-surface and near-bottom water for different seasons. Thus, we have succeeded in revealing that in the period of open water in nighttime the near-bottom concentration of CO₂ exceeds that observed in the near-surface water layer and, to the contrary, in the period of maximal sink (afternoon period) the opposite pattern is observed. Consequently, we can conclude that the night emission of carbon dioxide into the atmosphere is caused by respiration and destruction of aquatic plankton (most intense in the bottom area), while the photosynthetic activity of biota determining the decrease of the CO₂ concentration in the entire water depth and the corresponding daytime sink of carbon dioxide from the atmosphere is most intense in the surface water layer. The time variability of the partial pressure of methane in water, which markedly exceeds the atmospheric one, is not connected with the diurnal dynamics and is regulated by individual emissions. Correspondingly, for the entire measurement period, the CH₄ flux is always directed from the water surface into the atmosphere.

Our earlier shipborne studies in the Lake Baikal allowed only measurements of CO₂ only at a limited number of hydrological stations. The mobile system developed in 2013 for continuous mapping of the spatial distribution of partial pressure of carbonaceous gases in the atmosphere and surface water along the ship route has allowed the significant extension of studies of CO₂ and CH₄ gas exchange and the measurements (for the first time in our practice) of the direction of methane fluxes all over the Lake Baikal water area (2013) and its littoral (2014). It was shown that the partial pressure of carbon dioxide in the surface water at the most sections over the water area of Lake Baikal is mostly much lower than the atmospheric one and only in some regions the marked emission of carbon dioxide into the atmosphere was observed. This distribution is indicative of the predominant absorption of carbon dioxide from the atmosphere by the surface lake water, and, in general, it falls within the earlier described range of interannual variability. In contrast to CO₂, the partial pressure of methane exceeded the atmospheric one all over the water area of Lake Baikal. It varied from 2.3 to 150 μatm, whereas in the near-water atmosphere (2 m above the water level) the methane content was practically constant (1.8-1.9 μatm) even in the regions, where the partial methane pressure in water tens times exceeded the atmospheric one. The high methane content in the surface water was observed in coastal regions and, in the first turn, near river mouths, while the minimal concentration was observed along the central part of the lake. As applied to the carbon cycle in the Atmosphere-Water Surface system, we can estimate tentatively from our first results that, in general, the sink of carbon dioxide exceeds markedly the emission of CH₄, and, consequently, carbon inflow from the atmosphere to the water surface takes place.

This study was supported in part by the Russian Foundation of Basic Research (GrantNo. 14-05-00277a), Program of Fundamental Studies of the Division of EarthScience RASNo. 10, and expedition grants of SB RAS.

УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ И МЕТАН В АТМОСФЕРЕ И ВОДЕ БАЙКАЛА ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ В 2012-2014 ГГ.

**Пестунов Д.А.¹, Домышева В.М.², Шамрин А.М.¹, Иванов В.Г.²,
Сакирко М.В.², Панченко М.В.¹**

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е.Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

²Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

pest@iao.ru, pmv@iao.ru, hydrochem@lin.irk.ru

Для экосистемы оз. Байкал особое значение имеет исследование потоков основных углеродосодержащих газов CO₂ и CH₄. В современных условиях потребность в изучении цикла углерода определяется не только научной значимостью этой проблемы, но и появлением

различного рода не бесспорных идей о снижении концентрации углеродосодержащих газов с помощью активных воздействий на состав атмосферы или естественных водоемов. Исходя из возможностей имеющейся аппаратуры, ранее нами проводились наблюдения только концентрации углекислого газа в атмосфере и воде на научно-исследовательском стационаре ЛИН СО РАН. Модернизация газоаналитического комплекса обеспечила возможность с 2012 г. синхронных измерений содержания углекислого газа и метана в придонном слое атмосферы, в поверхностной и придонной воде в разные сезоны года. Удалось выявить, что в период открытой воды в ночное время придонная концентрация CO_2 превышает величину, регистрируемую в поверхностном слое воды и, наоборот, в период максимального стока (послеполуденное время) наблюдается обратная картина. Следовательно, ночной выход углекислого газа в атмосферу, обусловленный деструкцией водного планктона формируется в основном потоком из придонной области, а фотосинтезирующая деятельность биоты, определяющая снижение концентрации CO_2 во всей толще воды и соответствующий дневной сток углекислого газа из атмосферы, более интенсивно работает в поверхностном слое воды. Временная изменчивость парциального давления метана в воде, которое заметно превышает атмосферное, не связана с суточным ходом, регулируется отдельными выбросами, и, соответственно, в течение всего периода измерений поток CH_4 всегда направлен с поверхности воды в атмосферу.

Так же ранее проведенные исследования в судовых экспедициях в акватории Байкала позволяли измерять только CO_2 и только на ограниченном числе гидрологических станций. Создание в 2013 году мобильного комплекса для непрерывного картирования пространственного распределения парциального давления углеродосодержащих газов в атмосфере и поверхностной воде по ходу судна позволило существенно расширить масштаб проводимых исследований по газообмену CO_2 и CH_4 и впервые в нашей практике осуществить измерения направления потоков метана по акватории озера (июнь 2013 г.) и по всей литорали Южного Байкала (август 2014 г.). Было показано, что парциальное давление углекислого газа в поверхностной воде на большинстве разрезов по акватории озера в основном значительно ниже атмосферного и только на ряде участков наблюдался заметный выход углекислого газа в атмосферу. Такое распределение говорит о преимущественном поглощении углекислого газа из атмосферы поверхностной водой озера и в целом вполне укладывается в ранее описанный диапазон межгодовой изменчивости. В отличие от CO_2 , по всей акватории Байкала парциальное давление метана превышало атмосферное. Зарегистрированный диапазон изменчивости составил 2,3-150 мкатм, в то время как в придонной атмосфере (2 м над уровнем воды) содержание метана практически постоянно (1,8-1,9 мкатм) и даже в тех районах, где его давление в воде превышает атмосферное в десятки раз. Высокое содержание метана в поверхностной воде наблюдалось в прибрежных районах и в первую очередь вблизи устьев рек, а его минимальная концентрация регистрировалась в центральной части озера. По первым нашим результатам, применительно к циклу углерода в системе «атмосфера-водная поверхность», можно предварительно оценить, что в целом величина стока CO_2 заметно превышает выход CH_4 , а, следовательно, происходит поступление углерода из атмосферы на водную поверхность.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 14-05-00277а), Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН № 10 и экспедиционных грантов СО РАН.

THE EVOLUTION FEATURES OF MITOCHONDRIAL MOLECULAR MARKER COI FROM ENDEMIC BAIKAL AMPHIPODS OF THE FAMILIA MICRUPODIDAE

Petunina J.V., Bukin Y.S., Kamaltynov R.M.
Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Amphipod *Gmelinoides fasciatus* is represented by four populations in Lake Baikal. This amphipod is ecologically very ductile, highly mobile species. The reason for this separation on populations with low gene flow, with continuity of habitat, and the absence of obvious geographic barriers is not clear yet. The mechanism of genetic isolation is not clear as well. To identify the causes of population divergence we decided to date these events and compare them with geological and climatic ones on Lake Baikal.

Primarily we used phylogenetic analysis of Micruropodidae based on molecular clock hypothesis for dating the divergence time of *Gmelinoides fasciatus* populations involving sequences of the mitochondrial COI marker from the GenBank database. RRT (relative rate test) of Tajima was used to assess the applicability of the hypothesis of the molecular clock. For phylogenetic analysis Bayesian method with application of the hypothesis of a strict molecular clock was used. The analysis was used in the reconstruction for each codon position.

The phylogenetic analysis showed a significant change in the topology of the tree when using reconstructions based on the different positions of the codon. In addition to this marker the maximum estimated proportion of substitutions (p-distance) was equal to 0.24, which significantly exceeds the saturation limit for COI in 0.15.

As a result of our study we revealed that the marker COI is saturated with substitutions in all positions of the codon and is not suitable for the dating of the Micruropodidae tree nodes. In this regard, for further research we suggest to use nuclear markers, in particular nuclear 18S gene, with lower rate of accumulation of substitutions compared with the COI.

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО МАРКЕРА COI ЭНДЕМИЧНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД СЕМЕЙСТВА MICRUROPODIDAE

Петунина Ж.В., Букин Ю.С., Камалтынов Р.М.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

petuninajmk@mail.ru

Амфиподы *Gmelinoides fasciatus* в Байкале представлены четырьмя популяциями. Причина разделения этого экологически очень пластичного, высокоподвижного вида на популяции со слабым потоком генов при непрерывности ареала обитания и отсутствии явных географических барьеров не ясна до сих пор, как не ясен и механизм генетической изоляции. Чтобы попытаться выявить причины расхождения популяций, мы решили датировать эти события и сравнить их с геологическими и климатическими событиями на Байкале.

В первую очередь для датировки времени расхождения популяций *Gmelinoides fasciatus* мы применили филогенетический анализ с учетом гипотезы молекулярных часов некоторых видов амфипод семейства Micruropodidae с привлечением последовательностей митохондриального маркера COI из базы данных GenBank. Для оценки применимости гипотезы молекулярных часов использовали RRT (relative rate test) тест Таджимы. Для филогенетического анализа использовали баесовский метод и баесовский метод с применением гипотезы строгих молекулярных часов. В ходе анализа использовались реконструкции по каждому положению кодона.

Анализ филогении показал, значительное изменение топологии древа при использовании реконструкций на основе разных положений кодона. Кроме того, для данного маркера в целом максимальная расчетная доля замен (p-дистанция) оказалось равной 0,24, что значительно превышает предел насыщения для COI в 0,15.

В результате нашего исследования выяснилось, что маркер COI является насыщенным заменами по всем положениям кодона и не пригоден для датировки узлов древа семейства Micruropodidae. В связи с этим для проведения дальнейшего исследования мы предлагаем использовать ядерные маркеры, в частности ядерный ген 18S, с более низкой по сравнению с COI скоростью накопления замен.

THE INFLUENCE OF VARIOUS ENVIRONMENTAL FACTORS ONTO MORPHOLOGICAL VARIABILITY AND FECUNDITY OF DAPHNIA POPULATIONS IN LAKE BAIKAL

Pitul'ko S.I.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia.

info@lin.irk.ru

Daphnids (*Daphnia galeata* Sars, 1863 and *D. hyalina* Leydig, 1860) are an important part of a food chain (Gilyarov, 1987) and have a well-expressed adaptive mutations resulting from environmental factors and predation (Jacobs, 1987; Gilyarov, 1990). Influence of main factors onto adaptive responses of two species in the open water area and in Lake Baikal bays is studied. Daphnids collected under the conditions of open pelagic area were characterized by big body size and low fecundity. In the bays, especially under predators impact (*Leptodora kindtii* (Focke, 1844)), the daphnids have well-defined protection structures, they have high fecundity and brood size. Populations from bays mouths and from near-shore areas are characterized by longer tail spine, which is probably necessary under the conditions of high intensity of water masses movement (Pitul'ko, 2009). In Lake Baikal, the populations of the species studied differ by frequency of occurrence of normal and spined morphotypes. It is shown that the increase of *Leptodora* density results in the increase of fraction of spined morphotype and in decrease of normal one at juvenile and mature crustaceans (Korzun, Pitul'ko, 2010).

As feeding conditions vary seasonally and locally (Bondarenko et al., 1991, 1995), it is easy to survey their influence onto daphnids (Becker, Boersma, 2003). When invertebrate predators are absent, and food concentrations were high, the daphnids had big body size, low helmets and short tail spines; at

low food concentrations, small-sized crustaceans with poorly developed helmets and short tail spines dominated. When predators were present, and food concentrations were low, crustaceans with big body size were observed; at high food concentrations, small sized adult daphnids with well-developed protective structures dominated. Such variations are found out for both species.

Another factor influencing onto morphological characteristics of *D. galeata* is the temperature (Masclaux et al., 2009). In Lake Baikal, the temperature is the most important environmental factor. With temperature increase, the body (shell) size at mature and pre-mature crustaceans increased, and helmets height and tail spines length decreased. Juvenile crustaceans had long tail spines independently on the temperature. Predators presence under all temperature conditions results in development of large helmets and in the increase of tail spines length, as well as in the body size decrease; nevertheless, these features are maximally developed at high water temperatures.

The presence of constant and wind currents varying spatially and temporally (turbulence) in Lake Baikal results at rapid currents in development of a high helmets and long tail spines at mature daphnids (*D. galeata*); this is just like at predators presence but in lower degree. Moreover, interaction of predators and turbulence results in a high development of protective structure.

The same factors result in the variation of reproductive characteristics in daphnids (*D. galeata*). Populations living under the conditions of high food concentrations and temperature had larger fecundity, brood size and egg-bearing females fraction at small body size in comparison with populations from areas with low food concentrations. Under the conditions of strong turbulence, the fecundity and the fraction of egg-bearing females is lower than at weak turbulence. The predators promote the increase of fecundity.

Hence, the factors studied cause a well expressed variability at daphnids with high local variability of body size and morphological features. Predators cause the strongest and the most specific influence.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА МОРФОЛОГИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ПЛОДОВИТОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ ДАФНИЙ В БАЙКАЛЕ

Питулько С.И.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия.

info@lin.irk.ru

Дафнии (*Daphnia galeata* Sars, 1863 и *D. hyalina* Leydig, 1860), являясь важным звеном пищевой цепи (Гиляров, 1987), обладают хорошо выраженной адаптивной изменчивостью, вызываемой факторами среды, и хищничеством (Jacobs, 1987; Гиляров, 1990). Исследовано влияния основных факторов на адаптивные ответы двух видов в открытой пелагиали и заливах Байкала. Дафнии, собранные в условиях открытой пелагиали, характеризовались большой величиной тела и низкой плодовитостью. В заливах, особенно в присутствии хищника (*Leptodora kindtii*; Focke, 1844) дафнии обладают хорошо выраженными защитными структурами, имеют высокую плодовитость и величину выводка. Популяции из створов заливов, и прибрежных районов отличаются удлинённой хвостовой иглой, вероятно, необходимой в условиях высокой интенсивности движения водных масс (Питулько, 2009). В Байкале популяции изученных видов различаются по частоте встречаемости нормального и шипового морфотипов. Показано, что увеличение плотности лептодоры приводит к возрастанию доли шипового морфотипа и уменьшению нормального у ювенильных и зрелых рачков (Корзун, Питулько, 2010).

Поскольку, кормовые условия изменяются сезонно и локально (Бондаренко и др., 1991, 1995), легко прослеживается их влияние на дафний (Becker, Woersma, 2003). В отсутствии беспозвоночного хищника при высоких концентрациях корма дафнии имели большую величину тела, низкий шлем и короткую хвостовую иглу, при низких концентрациях корма преобладали мелкоразмерные рачки, плохо развитыми шлемом и хвостовой иглой. В присутствии хищника при низких концентрациях корма наблюдались рачки с большими размерами тела, а при высоких – преобладали мелкие взрослые дафнии с сильно развитыми защитными структурами. Эти изменения отмечены для обоих видов.

Другим фактором, влияющим на морфологические характеристики *D. galeata* является температура (Masclaux et al., 2009). В Байкале температура является наиболее важным фактором среды. С ростом температуры у зрелых и предзрелых рачков увеличились размеры тела (раковины), а высота шлема и длина хвостовой иглы стали меньше. Ювенильные рачки при всех температурах имели длинную хвостовую иглу. Присутствие хищника при всех температурных условиях приводит к сильному развитию шлема и увеличению длины хвостовой иглы и уменьшению размеров тела, тем не мене, максимальное развитие эти признаки демонстрируют при высоких температурах воды.

Присутствие в Байкале постоянных и ветровых течений, изменяющихся во времени и пространстве (турбулентности) приводит к развитию, при быстрых течениях, у зрелых дафний (*D.*

galeata) высокого шлема и длинной хвостовой иглы, как в присутствии хищника, но в меньшей степени. Кроме того, взаимодействие хищника и турбулентности приводит к сильному развитию защитных структур.

Эти же факторы приводят к изменению репродуктивных характеристик дафний (*D. galeata*). Популяции, обитавшие при высоких концентрациях корма и температуре, имели большую плодовитость, величину выводка и доли яйценосных самок, при небольшой величине тела, по сравнению с популяциями из районов с низкими концентрациями корма. При условии сильной турбулентности плодовитость и доля яйценосных самок ниже, чем в слабо турбулентных условиях. Увеличение плодовитости стимулирует хищник.

Следовательно, исследованные факторы вызывают выраженную адаптивную изменчивость у дафний, при этом отмечается высокая локальная изменчивость размеров тела, морфологических признаков. Наиболее сильное и специфическое влияние оказывает хищник.

MICROELEMENTAL COMPOSITION OF DEEP-WATER FLUIDS IN THE AREA OF OIL AND GAS DISCHARGE IN LAKE BAIKAL

Pogodaeva T.V., Zemskaya T.I.

Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia

tatyana@lin.irk.ru

Since discovery and study of gas hydrate in Lake Baikal bottom sediments, 28 sites of subbottom bedding of gas hydrates are found out (moreover, new ones are discovered each year). They are mainly situated along the faults zone; the faults are manifested in the bottom relief or are surveyed by geophysical data (Khlystov, 2014). It is known as well that presence of subbottom gas hydrates in the sediments is attached to the discharges of gas-saturated fluids, i.e., not only gas, but also water is discharged in the sediments. The studies of bottom sediments in these areas revealed a high diversity of concomitant fluids waters with different chemical composition and mineralization; some differences depending on the discharge sites were determined near western and eastern boards of the lake. To specify sources of deep fluids formation, we performed microelemental analysis of pore waters from bottom sediments in the sites of oil and gas discharge near the eastern lake board: areas of mud volcano «Malen'kiy» (Posol'skaya Bank), mud volcano «K-2» (Kukuy Canyon), oil ingress «Gorevoy Utyos» (Barguzin Bay). The analysis of microcomponents of pore waters was done by method of inductively coupled plasma mass-spectrometer (ICP-MS). ICP-MS method for determination of content of 63 elements provides probability $P=0.95$ for measurements results with error $\Delta=0,025+0,18 \cdot C(\text{Me})$ ppb (Method for quantitative chemical analysis No 480-X, 2002). The determination was done at the instrument Agilent 7500 CE using internal standard of In with concentration of 10 ppb to take into account the instrument drift. As an external standard, we used a multi-elemental standard solution Combined Quality Control Standart 100 ppm. The studies have shown that pore waters from sediments of those areas were considerably (by 2-4 orders of magnitude) enriched by rare and rare-earth elements, as well as with Fe, Mn, Pb, Zn and in other elements related to lake water and to background pore water. It is interesting that elements graphs of mean composition of pore waters in different discharge sites had similar distribution. Probably, deep waters of fluids of near-fault zones at the western lake board have a common or a similar source. Probably, as it was shown for hydrothermal vent of Frolikha Bay (Granina et al, 2007), meteoric waters sink up to considerable depths, warm thanks to elevated geothermal gradient, are enriched with components of host rocks and discharge along the faults system changing their chemical composition. So, water composition of deep fluids is formed by mixing of waters of deep origin, host pore waters and meteoric waters at leaching of host rocks with waters.

This work is supported by Integration Project of RAS SB No 82 and by Program of RAS Presidium No 23.8.

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГЛУБОКОВОДНЫХ ФЛЮИДОВ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ РАЗГРУЗКИ ОЗ. БАЙКАЛ

Погодаева Т.В., Земская Т.И.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

tatyana@lin.irk.ru

Со времени обнаружения и изучения газовых гидратов в донных отложениях оз. Байкал открыто (и каждый год открываются все новые) 28 районов приповерхностного залегания газовых гидратов, расположенных, большей частью, вдоль зоны разломов, выраженных в рельефе дна или прослеживаемых по геофизическим данным (Хлыстов, 2014). Известно, также, что присутствие приповерхностных газовых гидратов в осадках приурочено к местам разгрузки газонасыщенных флюидов, т.е. разгрузки в осадках не только газа, но и воды. Проведенные исследования донных отложений в этих районах выявили большое разнообразие сопутствующих вод флюидов по

химическому составу и минерализации, определились различия, в зависимости от районов разгрузки, у западного и восточного бортов озера. Для уточнения источников формирования глубинных флюидов был проведен микроэлементный анализ поровых вод донных отложений в районах нефтегазовой разгрузки у восточного борта озера: район грязевого вулкана «Маленький» (Посольская Банка), грязевого вулкана «К-2» (Кукуйский каньон), нефтепроявления «Горевой Утес» (Баргузинский залив). Анализ микрокомпонентов поровых вод проводился методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Методика ICP-MS определения содержания 63 элементов обеспечивает с вероятностью $P=0,95$ получение результатов измерений с погрешностью $\Delta=0,025+0,18 \cdot C(\text{Me})$ ppb (Методика количественного химического анализа №480-X, 2002). Определение проводилось на приборе Agilent 7500 CE с использованием внутреннего стандарта In с концентрацией 10 ppb для учета дрейфа прибора. В качестве внешнего стандарта использовался многоэлементный стандартный раствор CombinedQualityControlStandart 100 ppm. Исследования показали, что поровые воды этих районов были значительно (на 2-4 порядка) обогащены редкими и редкоземельными элементами, а также Fe, Mn, Pb, Zn и другими элементами по отношению к воде озера и фоновой поровой воде. Интересно, что элементограммы средних составов поровых вод этих разных районов разгрузок имели схожее распределение. Вероятно, глубинные воды флюидов приразломных зон восточного борта озера имеют общий или схожий источник. Возможно, как было показано для гидротермального вента б. Фролиха (Гранина и др., 2007), метеорные воды опускаются до значительных глубин, разогреваются, благодаря повышенному геотермальному градиенту, обогащаются компонентами вмещающих пород и разгружаются по системе разломов, меняя свой химический состав. Таким образом, состав вод глубинных флюидов формируется путем смешения вод глубинного происхождения, вмещающих поровых вод и метеорных вод при выщелачивании вмещающих пород.

Работа поддержана интеграционным проектом СО РАН № 82 и Программой Президиума РАН № 23.8.

STUDY OF THE PROCESS OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS TRANSFER TO LAKE BAIKAL FROM REGIONAL SOURCES

Potemkin V.L., Makukhin V.L., Chipanina Ye.V., Obolkin V.A.

Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia

klimat@lin.irk.ru

The aim of this work was to study the processes of propagation of admixtures from regional sources (enterprises of Irkutsk-Cheremkhovo industrial agglomeration, the Selenga R. valley, Gusinozersk, Slyudyanka and Baikalsk towns) to the South Baikal. To reach this aim, we performed in 2013-2014 direct measurements of concentrations of sulfur and nitrogen oxides from R/V board using automatic gas analyzers in concrete meteorological situations. The studies have shown that income of sulfur and nitrogen oxides to the lake southern basin is possible both from Irkutsk and Angarsk Cities side and from Buryat Republic sources. Main contribution in acidulation of precipitations on Lake Baikal occurs due to nitrogen oxides. Precipitations acidulation due to sulfur transfer occurs only in summer.

Lake Baikal pollution via the atmosphere is possible due to the propagation of emissions from large coal power plants in the region. Main emissions of such power plants are sulfur and nitrogen acids able to effect both directly and indirectly (via precipitations acidulation) onto different natural ecosystems. During last years, the volumes of emissions of these matters from Irkutsk and Angarsk reached ca. 150-160 thousand tons/year by SO_2 and 80-90 thousand tons/year by NO_x . On the Buryat territory (mainly Selenginsk, Ulan-Ude, Gusinozersk Cities), the emissions of these matters is considerably lower: total ca. 25 and 18 thousand tons/year, respectively. In the lake basin itself, the emissions from main sources Baikalsk and Slyudyanka towns are lower by one order of magnitude: ca. 1.5 thousand tons SO_2 altogether. To study processes of admixtures propagation from above listed sources to the South Baikal, we performed in 2013-2014 direct measurement of sulfur and nitrogen oxides concentrations from R/V board using automatic gas analyzers in concrete meteorological situations. Numeric experiments using mathematical models were performed as well.

The studies have shown that income of sulfur and nitrogen oxides is possible both from Irkutsk and Angarsk Cities side and from Buryat republic sources. Admixtures distribution above the water area is quite uneven – from values close to zero to some hundreds of mcg/m^3 . Transfer scope depends on the combination of meteorological conditions such as transfer direction, state of atmosphere boundary layer, intensity of macroturbulent exchange as well as site relief effect. The most intensive admixtures transfer towards Lake Baikal occurs at income of power plants stub into so-called “jet currents of low level” at the heights of 300-600 meters (emissions height from high tubes). Such jet currents are formed during night and morning at weakening of macroturbulent dissipation of admixtures. In concrete meteorological situations, concentrations of sulfur and nitrogen oxides in some local sites can reach considerable values. Maximal registered concentrations of SO_2 reached 200-250 mcg/m^3 .

During the transfer, the transformation of sulfur and nitrogen oxides occurs with different velocity. Gaseous nitrogen oxides (NO , NO_2) are acidified due to reaction with ozone during first hours of transfer, while for sulfur oxide acidifying, a condensed moisture medium is necessary (mist, rain or water surface). Due to this fact, main contribution to acidulation of precipitations on Lake Baikal is due to nitrogen oxides. Precipitations acidulation due to sulfur transfer occurs only in summer.

To analyze probable mechanisms of formation of sulfur dioxide and other admixtures in elevated concentrations on the South Baikal, we performed numeric experiments using a mathematical model of admixtures dissipation and transformation. The model gave an adequate description of the observed admixtures distribution not always, however, the experiments with this model allow to assess the contribution of some factors to the real distribution of the admixtures studied.

A probable effect of atmospheric transfer of anthropogenic admixtures to the chemical composition of lake waters themselves is probably minimal due to rather rapid horizontal and vertical mixing of waters. However, such effect can be considerable for soils and vegetation of some areas of the lake.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ОЗЕРО БАЙКАЛ ОТ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Потемкин В.Л., Макухин В.Л., Чипанина Е.В. Оболкин В.А.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

klimat@lin.irk.ru

Целью данной работы было исследование процессов распространения примесей от региональных источников (предприятия Иркутско-Черемховского промышленного узла, долины Селенги, Гусиноозёрска, Слюдянки и Байкальска) на Южный Байкал. Для этого в 2013-2014 годах проведены прямые измерения концентраций окислов серы и азота с борта НИС с помощью автоматических газоанализаторов при конкретных метеорологических ситуациях. Исследования показали, что вынос окислов серы и азота в южную котловину озера возможен как со стороны Иркутска и Ангарска, так и со стороны источников Бурятии. Основной вклад в подкисления атмосферных выпадений на Байкале вносят окислы азота. Подкисление осадков в связи с переносом серы происходит только в летний период.

Загрязнение Байкала через атмосферу возможно в результате переноса выбросов от крупных региональных угольных ТЭЦ региона. Основными выбросами таких ТЭЦ являются окислы серы и азота, способные оказывать как прямое, так и косвенное (через закисление выпадений) влияние на различные природные экосистемы. За последние годы объемы атмосферных выбросов этих веществ городами Иркутск и Ангарск достигли порядка 150-160 тыс. тонн/год по SO_2 и 80-90 тыс. тонн/год по NO_x . На территории Бурятии (главным образом, Селенгинск, Улан-Удэ, Гусиноозерск) выброс этих веществ значительно ниже: в сумме около 25 и 18 тыс. тонн в год соответственно. В самой котловине озера основные источники Байкальск и Слюдянка выбрасывают еще на порядок меньше: вместе около 1,5 тыс тонн SO_2 . С целью исследования процессов распространения примесей от перечисленных выше источников на Южный Байкал в 2013-2014 годах проведены прямые измерения концентраций окислов серы и азота с борта НИС с помощью автоматических газоанализаторов при конкретных метеорологических ситуациях. Проводились также численные эксперименты на математических моделях.

Исследования показали, что занос окислов серы и азота в южную котловину озера возможен как со стороны Иркутска и Ангарска, так и со стороны источников Бурятии. Распределение примесей над акваторией крайне неравномерно – от значений, близких к нулевым и до сотен мкг/м^3 . Масштабы переноса зависят от комплекса метеорологических условий: направления переноса, состояния пограничного слоя атмосферы, интенсивности макротурбулентного обмена, а также влияния рельефа местности. Наиболее интенсивный перенос примесей в сторону Байкала происходит при попадании шлейфов ТЭЦ в так называемые «струйные течения низкого уровня» – на высотах 300-600 метров (высота эмиссии из высоких труб). Такие струйные течения формируются в ночные и утренние часы при ослаблении макротурбулентного рассеяния примесей. При определенных метеорологических ситуациях в отдельных, локальных районах концентрации окислов серы и азота могут достигать значительных величин. Максимально зарегистрированные концентрации SO_2 достигали 200-250 мкг/м^3 .

В процессе переноса трансформация окислов серы и азота происходит с разной скоростью. Газообразные оксиды азота (NO , NO_2) в результате реакции с озоном окисляются в первые часы переноса, в то время как для окисления диоксида серы необходимо присутствие жидко-капельной среды (туман, дождь или водная поверхность). В связи с этим основной вклад в подкисления

атмосферных выпадений на Байкале вносят окислы азота. Подкисление осадков в связи с переносом серы происходит только в летний период.

С целью анализа возможных механизмов образования повышенных концентраций на Южном Байкале диоксида серы и других примесей проводились численные эксперименты с помощью математической модели распространения и трансформации примесей. Модель не всегда адекватно описывала наблюдавшееся распределение примесей, однако эксперименты на модели позволяют оценивать вклад отдельных факторов в реальное распределение исследуемых примесей.

Возможное влияние атмосферных переносов антропогенных примесей на химический состав собственно вод озера, по-видимому, минимально ввиду достаточно быстрого горизонтального и вертикального перемешивания вод. Однако такое влияние может оказаться существенным на почвы и растительность некоторых районов озера.

EFFECT OF ENVIRONMENTAL CHANGES TO RIVER MOUTH AREAS OF LAKE BAIKAL TRIBUTARIES

Potemkina T.G.

Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia

tat_pot@lin.irk.ru

River mouths are natural systems making "boundaries" between input water body and riverine basins. They form due to complicated river mouth processes. On one hand, mouth processes are effected by natural factors of riverine basins and input water body and of anthropogenic impact; on the other hand, processes in river mouths can effect the water body regime themselves. Increasing effect of global and regional environmental changes as well as one of anthropogenic impact to riverine drainage and water body level results in changes of regime in mouth areas of numerous rivers worldwide. Regime changes in the river mouths are stronger and more negative than in rivers and water bodies. Thus, investigation of mouths problems is of great scientific, ecological and practical interests.

Under the condition of lack of information on river mouth areas of Lake Baikal tributaries where Baikalian tributaries river mouths function, it is necessary to investigate occurring hydrological and morphological processes, to reveal factors effecting these processes and changing their dynamics, to assess the range of changes in the river mouths. This will help to analyse and to forecast the state of Baikalian tributaries mouths for rational use and for protection of river mouths and of Lake Baikal itself.

The development of Baikalian tributaries mouths occurs under the condition of the most recent tectonic process characteristic for Baikal Rift, active earthquakes, elevated and regulated by HPP lake level, global and especially regional climate warming and its manifestations, varying water drainage and alluvia, increase of human impact to lake littoral landscapes and shore zone. Summary impact of these processes and factors results in new formations in river mouths and in lake shore zone. The most considerable formations occur in large mouths areas.

Actual state of mouths of rivers incoming into Lake Baikal is characterized by lack of new deltas ingressing into Lake Baikal; some deltas regress or are stable. The output of riverine alluvia is insufficient for compensation of man-made increase of lake level. Besides, there occur tectonic depression and ground slump resulting from compression of delta deposits. The following processes occur in the mouths: territories swampiness increases, coastal bars are washed out, estuary areas grow, water exchange between them and the lake increases, water drainage and alluvia are re-distributed in deltas branches and and girts, their amount and shape change, etc.

Data on Baikal tributaries mouths can be useful as well for investigations of river mouths of other rift lakes worldwide.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА УСТЬЕВЫЕ ОБЛАСТИ РЕК БАЙКАЛА

Потемкина Т.Г.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

tat_pot@lin.irk.ru

Устьевые области рек (устья рек) – природные системы, являющиеся «пограничными» районами между приемным водоемом и речными бассейнами, формируются в результате сложных устьевых процессов. С одной стороны, устьевые процессы подчиняются влиянию естественных природных факторов речных бассейнов и приемного водоема, антропогенных нагрузок, с другой стороны, процессы в устьях сами могут оказывать влияние на режим водоема. Усиливающееся влияние глобальных и региональных природных изменений, а также антропогенных воздействий на сток рек и уровень водоемов приводят к перестройке режима устьевых областей многих рек

мира. При этом в устьевых областях происходят более сильные и негативные изменения режима, чем в реках и водоемах. Поэтому изучение устьевой проблематики представляет большой научный, экологический и практический интерес.

В условиях дефицита информации об устьевых областях рек Байкала изучение особенностей и условий, в которых развиваются устьевые области байкальских рек, происходящих в них гидролого-морфологических процессов, выявление факторов, влияющих на эти процессы и вносящих изменения в их динамику, оценка масштабов изменений в устьях необходимы для анализа и прогноза состояния устьевых областей рек Байкала в целях рационального использования и охраны устьев рек и самого Байкала.

Развитие устьевых областей рек Байкала происходит в условиях новейшего тектонического процесса, характерного для Байкальского рифта, активных землетрясений, искусственно повышенного и регулируемого работой ГЭС уровня озера, глобального и особенностей регионального потепления климата и его проявлений, изменяющегося стока воды и наносов в реках, увеличивающегося воздействия деятельности человека на ландшафты побережья озера и его береговую зону. Суммарное действие этих процессов и факторов приводит к переформированиям в устьях рек и, как следствие, в береговой зоне озера. Наиболее значительные переформирования претерпевают крупные устьевые области рек.

Современное состояние устьевых областей рек, впадающих в оз. Байкал, характеризуется тем, что выдвигание дельт в Байкал не происходит, а некоторые из них отступают, или находятся в стабильном состоянии. Сток наносов рек недостаточен для того, чтобы компенсировать искусственное (техногенное) повышение уровня озера. Кроме этого, происходит тектонический прогиб впадин и просадка грунта в результате уплотнения дельтовых отложений. В устьях рек увеличивается заболоченность территорий, размываются береговые бары, увеличиваются акватории эстуариев, усиливается водообмен между ними и озером, в рукавах и протоках дельт наблюдается перераспределение стока воды и наносов, изменяется количество дельтовых рукавов и проток, их плановые очертания и др.

Данные об устьях рек оз. Байкал могут быть полезны и для изучения устьев рек других рифтовых озер мира.

CHANGES IN WATER DRAINAGE AND ALLUVIA OF LAKE BAIKAL TRIBUTARIES: NATURAL AND ANTHROPOGENIC CAUSES

Potemkina T.G.

Limnological Institute of SB RAS, Irkutsk, Russia

tat_pot@lin.irk.ru

During last decades, global climate warming, human activity of different character and intensity, and consequences of their impact to the environment have become a global problem. These factors impact es well river drainage, which effects shore zone of water bodies, ecology of their aquatic system, sedimentation processes, etc. Studies of changes in the riverine drainage regime is very important for geomorphology, sedimentology, biogeochemistry, engineering, building, nature management and environment protection.

The analysis of dynamics of water drainage and alluvia during observation period at main rivers incoming into Lake Baikal revealed some trends. Perennial change of water content in the Barguzin, Upper Angara, Urulik RR. has a positive trend, in the Selenga R. - a negative one. Perennial dynamics of splitting of suspended alluvia at the rivers considered presents a clear trend of their decrease, negative trends are observed. Perennial observations series on alluvia output is divided into two periods (1946-1973 and 1974-2011) differing by mean values and oscillations amplitude of mean annual values. The first period (1946–1973) manifests a rather close link between water and alluvia drainage; this is confirmed by high correlation factors (Table 1). The second period (1974–2011) manifest a considerable decrease of alluvia drainage, while riverine water amount increases. Correlation factors between water and alluvia drainage decreased. In a whole, during the second period, the alluvia drainage decreased by 50% – 77%, while water amount increased by 2.0% – 5.3% , only at the Selenga R., the drainage decreased by 12 % (Table 1).

Table 2. Change of water drainage (Q km³ per year), alluvia drainage (R , 10³ tons per year) and correlation factors (K) between them during the periods considered

River	Q	R	K	Q	R	K	Changes, %	
	1946-1973			1974-2011			ΔQ	ΔR
Selenga	29.6	2252	0.74	26.0	1132	0.58	-12	-50
Upper Angara	8.32	416	0.70	8.76	142	-0.01	+5.3	-66
Barguzin	3.89	162	0.55	4.00	50	0.01	+2.8	-69
Utulik	0.51	48	0.42	0.52	11	0.25	+2.0	-77

Remark. Increase (+), decrease (-) of Q and R.

Such trend is due both to anthropogenic effect in the basins of the rivers considered and to natural processes related to global and regional changes in climatic characteristics. In the whole, natural processes of changes in water and alluvia drainage in Lake Baikal basin in its different area are corrected more or less by anthropogenic factors. The present work will serve as informational and analytical material for further studies and forecast of changes of riverine drainage both in Lake Baikal basin and in the river basins of other lakes worldwide.

ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА ВОДЫ И НАНОСОВ РЕК БАЙКАЛА: ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ПРИЧИНЫ

Потемкина Т.Г.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

tat_pot@lin.irk.ru

В последние десятилетия глобальное потепление климата, различная по характеру и интенсивности деятельность человека и последствия их влияния на окружающую среду стали глобальной темой. Влиянию этих факторов подвержен и речной сток, который оказывает влияние на береговую зону водоемов, экологию их водной системы, процессы осадконакопления и т.д. Изучение изменений в режиме стока рек очень важно для геоморфологии, седиментологии, биогеохимии, инженерно-технического строительства, рационального природопользования и охраны окружающей среды.

Анализ динамики стока воды и наносов за период наблюдений на основных реках, впадающих в озеро Байкал, выявил следующие тенденции. Многолетнее изменение водоносности рек Баргузин, Верхняя Ангара, Утулик имеет положительный тренд, Селенги – отрицательный. В многолетнем ходе расходов взвешенных наносов на рассматриваемых реках отчетливо прослеживается тенденция их уменьшения, наблюдаются отрицательные тренды. Многолетний ряд наблюдений за стоком наносов разделен на два периода (1946-1973 гг. и 1974-2011 гг.), различающихся средними значениями и размахом колебаний среднегодовых значений. При этом в первый период (1946–1973 гг.) отмечается достаточно тесная связь между стоком воды и наносов, что подтверждается и высокими коэффициентами корреляции (табл. 1). Во втором периоде (1974–2011 гг.) наблюдается заметное уменьшение стока наносов на фоне повышенной водоносности рек. Коэффициенты корреляции между стоком воды и наносов уменьшились. В целом, за второй период сток наносов уменьшился на 50-77%, водоносность при этом увеличилась на 2,0-5,3 % , лишь на Селенге сток воды уменьшился на 12% (табл. 1).

Таблица 1

Река	Q	R	K	Q	R	K	Изменения, %	
	1946-1973гг.			1974-2011 гг.			ΔQ	ΔR
Селенга	29,6	2252	0,74	26,0	1132	0,58	-12	-50
Верхняя Ангара	8,32	416	0,70	8,76	142	-0,01	+5,3	-66
Баргузин	3,89	162	0,55	4,00	50	0,01	+2,8	-69
Утулик	0,51	48	0,42	0,52	11	0,25	+2,0	-77

Примечание. Увеличение (+), уменьшение (-) Q и R.

Изменения стока воды (Q км³ год), стока наносов (R , 10³ т год) и коэффициенты корреляции (K) между ними за рассматриваемые периоды. Такая тенденция обусловлена как антропогенным влиянием в бассейнах рассматриваемых рек, так и природными процессами, связанными с глобальными и региональными изменениями климатических характеристик. В общем, природные процессы изменения стока воды и наносов в бассейне Байкала в разных его районах в большей или меньшей степени корректируются антропогенными факторами. Представленная работа послужит информационно-аналитическим материалом для дальнейшего изучения и прогноза изменений речного стока как в бассейне оз. Байкал, так и в бассейнах других озер мира.

GENESIS OF FRESHWATER MALACOFUNA IN NORTHEAST ASIA FROM BAIKAL TO BIWA.

Prozorova L.¹, Chiba S.², Saito T.², Hirano T.²

¹Institute of biology and soil science, malacological group FEB RAS, Primorskiy, Vladivostok, Russia

²Department of Ecology and Evolutionary Biology, Graduate School of Life Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi, Japan
lprozorova@mail.ru, s-chiba@mbf.ocn.ne.jp

Although molluscs inhabiting freshwater drainages of southern sector of Northeast Asia have been studied since more than a century, genesis of malacofauna remains obscure. Origin and taxonomy of some endemic groups belonging to present and past faunas of lakes Baikal, Biwa and lake-river systems of the Southern Russian Far East are still not clear. These drainages are revealed to boast a highly diverse and largely endemic malacofaunas including common or closely related taxa of species and genus levels in recent and fossil Planorbidae, Bulinidae, Acroloxidae, Viviparoidea, Valvatidae, Amnicolidae, Sphaeriidae, Unionidae. To clarify regional faunogenesis key mollusk taxa occurring on listed below basins were estimated in contest of their possible sister groups morphologically and genetically. And then theory on the origin and time of colonization of Northeast Asia fresh water systems by molluscs is suggested. Theory is based on combined data about comparative morphology, molecular phylogeny, paleontology, geology, and paleogeography.

The work was supported by the Tohoku University and Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, grant No 15-I-6-069.

ГЕНЕЗИС СОВРЕМЕННОЙ МАЛАКОФАУНЫ НА ЮГЕ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ОТ БАЙКАЛА ДО БИВЫ

Прозорова Л.А.¹, Чибя С.², Сайто Т.², Хирано Т.²

¹ Биолого-почвенный институт, ДВО РАН, Владивосток, Россия,

² Отделение региональных экосистем, Высшая школа наук о жизни, университет Тохоку, Япония,
lprozorova@mail.ru, s-chiba@mbf.ocn.ne.jp

Хотя моллюски, населяющие пресноводные бассейны южного сектора северо-восточной Азии подробно изучаются уже более ста лет, генезис малакофауны остается не выясненным. Истоки и таксономия некоторых эндемичных групп, принадлежащих современным и прошлым фаунам Байкала, Бивы и пресноводных систем юга Дальнего Востока России, не определены. Обнаружено, что эти бассейны населены высоко эндемичной и разнообразной малакофауной, включающей общие или близкие современные и ископаемые таксоны группы вида и рода из Planorbidae, Bulinidae, Acroloxidae, Viviparoidea, Valvatidae, Amnicolidae, Sphaeriidae, Unionidae. Чтобы прояснить региональный фауногенез, ключевые группы пресноводных моллюсков из вышеперечисленных бассейнов были оценены как возможные сестринские таксоны по морфологическим и молекулярным признакам. Предложена теория происхождения и времени колонизации моллюсками пресных вод северо-востока Азии. Теория основана на синтезе сведений по сравнительной морфологии, молекулярной филогении, палеонтологии, геологии и палеогеографии.

Работа поддержана университетом Тохоку (Япония) и Дальневосточным отделением Российской академии наук, грант № 15-I-6-069.

CHANGES OF CIRCULATION REGIME IN SALINE LAKE SHIRA (KHAKASIA, SIBERIA) IN LAST HOLOCENE: RECONSTRUCTION FROM BOTTOM SEDIMENTS AND MATHEMATICAL MODELING

Rogozin D.Y.^{1,3}, Kalugin I.A.², Dar'in A.V.², Tarnovsky M.O.³

¹ Institute of Biophysics SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

² Sobolev's Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

³ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
rogozin@ipb.ru

From bottom sediments of saline closed Lake Shira we estimated the switches between meromictic and holomictic conditions caused by climate-induced fluctuations of water level. The fossil pigments of phototrophic sulfur bacteria were considered as a proxy of anoxia in water column. The bottom sediments of the lake were well-laminated, with dark organic-rich layers alternating with light carbonate-rich ones. The first carbonate-rich layer was formed during observed decrease in lake's level at the beginning of XX century. The age of the layers was determined from ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb profile (Kalugin

et al., 2013). In addition, we counted the visible annual layers (varves) in recent sediments obtained with freeze-corer. The results confirmed that the distinct carbonate-rich interval of 13-17 cm was formed during 1900-1940-s when the lake's level passed through minimal value in 1926. The low content of total organics, photosynthetic pigments and sulfides indicated that oxic conditions prevailed in bottom waters during low-level stage. Therefore, the lake was a holomictic at that time. In layers formed after 1945 the higher content of organics, sulfides and photosynthetic pigments indicated anoxia in bottom waters. In addition, highest content of okenone (carotenoid of purple sulfur bacteria) in layers of 1940-1950-s indicated most favorable conditions for these bacteria at that time period. We presume that stable meromixis developed at the period when the lake's level increased due to increase in annual atmospheric precipitation. The vertical structure of the lake was calculated with one-dimensional mathematic model (Genova et al., 2010). The calculated profiles of salinity and density showed that Lake Shira turned from meromixis to holomixis when the level decreased by 7 m and vice versa. Consequently, we presume that the older sediment layers with high okenone content indicate the periods of sharp increases in Lake Shira level.

This research was partly supported by Russian Foundation for Basic Research (Grant No. 13-05-00429) and by state budget project № 01201351506.

ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА ЦИРКУЛЯЦИИ СОЛЕНОГО ОЗЕРА ШИРА (ХАКАСИЯ) В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ: РЕКОНСТРУКЦИЯ ПО ДОННЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Рогозин Д.Ю.^{1,3}, Калугин И.А.², Дарьин А.В.², Гарновский М.О.³

¹Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия

²Институт геологии и минералогии им. В.Н. Соболева СО РАН, г. Новосибирск,
Россия

³Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия
rogozin@ipb.ru

Цель работы – сопоставление состава донных отложений с наблюдаемой динамикой уровня озера за последние около 100 лет и оценка возможных переходов озера из меромиктического состояния в голомиктическое при климатически-обусловленных изменениях озера в прошлом на основе анализа остатков фототрофных серных бактерий.

Показано, что донные отложения озера Шира (Юг Сибири, Хакасия) обладают четко выраженной горизонтальной слоистой структурой, в которой темные карбонатно-глинистые обогащенные органикой слои чередуются со светлыми слоями, содержащими относительно мало органики. Возраст первого слоя «карбонатного слоя» соответствует периоду снижения уровня озера в начале XX века. В настоящее время озеро Шира является меромиктическим, в его глубинной части присутствует сероводород. Датировку верхней части донных отложений осуществляли по керну длиной 20 см, отобранному коробчатым дночерпателем в июле 2010 г. Предполагали, что положение максимума содержания ¹³⁷Cs соответствует 1963 году (Kalugin et al., 2013). Правильность датировки была подтверждена применением пробоотборника-намораживателя (freeze-corer). В пробах 2013 и 2014 гг., отобранных намораживателем, граница вода-дно была четко видна, и количество визуально различимых слоев соответствовало количеству лет.

Каротиноиды фототрофных организмов хорошо сохраняются в анаэробной среде при низких температурах и отсутствии света, поэтому в донных отложениях служат палеоиндикатором состава и продукции фототрофов (Leavitt, 1993). В донных отложениях оз. Шира методом высоко-эффективной жидкостной хроматографии нами был идентифицирован окенон – каротиноид, встречающийся только у нескольких видов пурпурных серных бактерий, в том числе у *Thiocapsa* sp. Shira_1 (Рогозин и др., 2012), обитающих в озере Шира; а также пигменты оксигенных фотосинтезирующих организмов аллоксантин, лютеин, зеаксантин, лороксантин, хлорофилл *a*.

В «белом» слое и далее вглубь кернов концентрация всех пигментов заметно снижалась, причем концентрация окенона была на грани обнаружения. Аналогично, содержание органики демонстрировало снижение в «белом» слое и глубже. Минимум всех каротиноидов и органического вещества свидетельствует о повышенной деструкции органики в «белом» слое. Повышенная деструкция указывает на окислительные условия в придонной части водной толщи, следовательно – на переход озера из меромиктического в голомиктический режим. Повышенное содержание окенона в слоях, соответствующих периоду поднятия уровня озера (1930-40-е гг.) указывает на переход озера в устойчивое меромиктическое состояние.

Таким образом, и в более древних отложениях слои с повышенным содержанием каротиноидов, особенно окенона, расположенные над «белыми» слоями, могут указывать на периоды усиления меромиктических свойств озера, следовательно – на периоды повышения его уровня. Расчеты, проведенные с помощью одномерной математической модели, разработанной для озера Ши́ра (Белоліпецкый, Генова, 2008; Genova et al., 2010), показывают, что при минимальном зарегистрированном уровне (1926 г.) озеро должно переходить в голомиктический режим.

Следовательно, повышенное содержание окенона в донных слоях может служить индикатором периодов повышения уровня озера, следовательно – возможна реконструкция климатически-обусловленной динамики уровня озера Ши́ра по донным отложениям.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 13-05-00429), а также при частичном финансировании за счет средств государственного задания на проведение фундаментальных исследований РАН (проект № 01201351506).

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE CURRENT STATE OF LAKES OF THE YAKUTSK CITY

Rufova A.A.

Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia)

alenaaruf@inbox.ru

Urban lakes are subject to strong anthropogenic influence, the city of Yakutsk is not an exception. The last decade of the northern city experienced a building boom. Enormous complexes, multi-storey buildings, bridges, etc. are constructed that well influences an economic development of the city, but negatively affects on surrounding environment, including on natural waters.

Lakes have great ecological value for Yakutsk, being a source of economic and household water supply and habitat of a water biota. Due to the deteriorating environmental situation in urban areas there is a need for observing eco-hydrochemical state of the aquatic environment. For any human impact disrupted the natural balance between biotic and abiotic components of the ecosystem of the lake, leading to siltation and intensive shallowing of lakes and their overgrowing and pollution. Lakes "blossom", quality of lake water therefore restoration, improvement and protection of lake ecosystems are the most actual problems of modern limnology worsens.

The hydrochemical composition, in this case, is considered, as the indicator of formation of lakes. The classification matrix of lakes of Yakutsk is developed for a complete idea. The matrix is divided into three ecosystems: water, lake and environmental problems. Each ecosystem includes a set of classifications by the characteristic. Thus, method of taxonomy the complete picture of the eco-geographical factors causing formation of lakes of Yakutsk reveals.

The lakes of Yakutsk in the period of the study on the chemical composition are sodium-bicarbonate group of mineralization are moderately mineralized, have a slightly alkaline environment and moderately hard water. By macroelement structure lakes with high and low concentration of macronutrients are revealed. Biogenous substances are quite widely presented, some of them considerably exceed maximum-permissible concentration on cultural and community water use. Such microcells as are widespread: lead, copper, zinc and manganese. The general tendency of increase in the contents them, but not exceeding limits maximum-permissible concentration on cultural and community water use is noted.

The total specific combinatory index of impurity of water (IIW) on which values the studied city lakes belong to the polluted is calculated. Thus by years of research IZV fluctuates from pure to the polluted.

On the basis of the analysis of references and own conclusions the scheme of anthropogenic impact on a surface water of lakes of Yakutsk in three directions – on the scale, time and nature of influence (fig. 1) is developed. The scale of anthropogenic influence shares on local and dot. On time of influence we allocate long (sewage, atmospheric pollution, etc.) and short-term (emergencies, etc.). Nature of anthropogenic influence includes: chemical (change of a hydrochemical composition), biological (change of a sanitary and epidemiologic situation, impact on a water biota, etc.) and mechanical (construction and household garbage, packing materials, etc.).

Thus, activity of the person leads to noticeable, and at times and to considerable changes of a chemical composition of natural waters. Waters of lakes of Yakutsk are natural, but their chemical composition is formed not under natural conditions, and conditions of strong anthropogenic influence.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР Г. ЯКУТСКА

Руфова А.А.

Академия наук Республики Саха (Якутия)

alenaaruf@inbox.ru

Городские озера подвержены сильному антропогенному воздействию, город Якутск не исключение. Последнее десятилетие северный город испытывает строительный бум. Сооружаются громадные комплексы, многоэтажные дома, мосты и др., что хорошо влияет на экономическое развитие города, но негативно сказывается на окружающей природной среде, в том числе и на природные воды.

Озера имеют большое экологическое значение для г. Якутска, являясь источником хозяйственно-бытового водоснабжения и средой обитания водной биоты. В связи с ухудшением экологической ситуации в городской среде возникает необходимость проведения наблюдений за эколого-гидрохимическим состоянием водной среды. При любом антропогенном воздействии нарушается естественное равновесие между биотическими и абиотическими составляющими озерной экосистемы, что приводит к интенсивному заилению и обмелению озер, их зарастанию и загрязнению. Озера «цветут», ухудшается качество озерной воды, поэтому восстановление, оздоровление и охрана озерных экосистем являются наиболее актуальными проблемами современной лимнологии.

Гидрохимический состав, в данном случае, рассматривается, как индикатор формирования озер. Для полного представления разработана классификационная матрица озер г. Якутска. Матрица разбита на три экосистемы: водную, озерную и экологические проблемы. Каждая экосистема включает набор классификаций по своей характеристике. Таким образом, методом соподчинения раскрывается целостная картина эколого-географических факторов, обуславливающих формирование озер г. Якутска.

Озера г. Якутска в период исследования по химическому составу относятся к гидрокарбонатно-натриевой группе, по минерализации – среднеминерализованные, имеют слабощелочную среду и умеренно-жесткую воду. По макроэлементному составу выявлены озера с высокой и низкой концентрацией макроэлементов. Довольно широко представлены биогенные вещества, некоторые из них заметно превышают ПДК_{кб}. Широко распространены такие микроэлементы как: свинец, медь, цинк и марганец. Отмечается общая тенденция увеличения содержания их, но не превышающие пределы ПДК_{кб}.

Рассчитан суммарный удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды (ИЗВ), по значениям которого исследуемые городские озера относятся к загрязненным. При этом по годам исследования ИЗВ колеблется от чистых до загрязненных.

На основе анализа литературных источников и собственных выводов разработана схема антропогенного воздействия на поверхностные воды озер г. Якутска по трем направлениям – по масштабу, времени и характеру воздействия (рис. 1). Масштаб антропогенного воздействия делится на локальное и точечное. По времени воздействия выделяем длительные (сточные воды, атмосферное загрязнение и др.) и кратковременные (аварийные ситуации и др.). Характер антропогенного воздействия включает: химическое (изменение гидрохимического состава), биологическое (изменение санитарно-эпидемиологической ситуации, воздействие на водную биоту и др.) и механическое (строительный и бытовой мусор, упаковочные материалы и др.).

Таким образом, деятельность человека приводит к заметным, а порой и к значительным изменениям химического состава природных вод. Воды озер г. Якутска являются природными, но их химический состав формируется не в естественных условиях, а условиях сильного антропогенного воздействия.

METHODS TO EVALUATE THE NATURAL MORTALITY RATE OF SMALL-SIZED HYDROBIONTS (EXEMPLIFIED BY THE SELENGA OMUL MORPHOLOGICAL GROUP)

Rusinek O.T.¹, Mokryi I.V.², Kazazaev A.V.²

¹Baikal Museum of the Irkutsk Science Center SB RAS, Listvyanka

²Energy System Institute, SB RAS, Irkutsk

rusinek@isc.irk.ru

The larvae of pelagic fish play an important role in transformation of energy and matter in Lake Baikal pelagic ecosystem. Feeding on the plankton, they transfer the matter and energy in pelagic food web. They are the major food source for predatory fish species. Summarizing of the available literature data (Gulin, 1963; Aschepkova, Koryakov, 1972; Starikov, 1977; Atlas and a determinant, 1995; Dzyuba et al., 2004) indicated that the vitality of larvae stages of Lake Baikal pelagic fish species is not

thoroughly studied, in particular, it is true to their natural mortality rate. The major goal of the present study is to check the hypothesis stating that similarly sized pelagic organisms (from 4 to 15 mm) show an identical mortality rate which is caused by the density of predators (adult fish species). We present the results from studies of fertility and mortality rates for pelagic fish species. New approaches towards a quantitative estimation and to the relationship between the fertility and mortality rates of fish species are offered. A special attention is given to pre-fertile phases. The simplified mathematical models of age and generative structure of the population is the basis of the present procedure. The chosen simplifications provided obtaining functional dependences between mortality and fertility rates, the start and termination of the reproductive period, indices of mortality rate for larvae and adult individuals. The obtained dependences allow both a quantitative estimation of fertility and mortality rates using the available values if the information is lack, and finding the most reliable initial data in a case if there are several options to estimate those indices. Methods have been implemented for three Selenga omul morphological groups. As a result of studies mortality and fertility rates have been calculated for these groups. Despite the difference in biology, mortality rates for the neanic stages of omul are close to mortality rates for the neanic stages of two species of Baikal golomyanka and the pelagic amphipod macrohectopus which make up the same size-group (4-15 mm) (Mokryi et al., 1999; Zorkal'tsev et al., 2008, 2011).

Based on this fact, the hypothesis that similarly-sized organisms are under the same invader impact has been confirmed. Other water reservoirs have to be studied for the further check of this hypothesis. One of key questions that has to be solved from those studies is whether mortality rates of larvae as well as similarly sized organisms vary from one water reservoir to another, if yes how they differ.

This work was supported by RFBR Grant № 13-04-00270.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЕСТЕСТВЕННОЙ СМЕРТНОСТИ ГИДРОБИОНТОВ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ (НА ПРИМЕРЕ СЕЛЕНГИНСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ)

Русинек О.Т.¹, Мокрый И.В.², Казазаева А.В.²

¹Байкальский музей ИНЦ СО РАН, Листвянка, Россия

²Институт Систем Энергетики им.Л.А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск
rusinek@isc.irk.ru

Важную роль при трансформации энергии и вещества в экосистеме пелагиали озера Байкал играют личинки пелагических рыб. Поедая планктон, они переносят вещество и энергию по трофической сети пелагиали. Они являются основным объектом питания хищных рыб. Ревизия литературных данных показала (Гулин, 1963; Ащепкова, Коряков, 1972; Стариков, 1977; Атлас и определитель..., 1995; Дзюба и др., 2004; Аношко и др.), что вопросы жизнедеятельности личиночных стадий пелагических рыб озера Байкал изучены недостаточно, в частности, практически не исследован вопрос об их естественной смертности.

Основной целью данной работы является проверка гипотезы о том, что одноразмерные пелагические организмы (от 4 до 15 мм) обладают одинаковой смертностью, которая обусловлена плотностью хищников (взрослых рыб).

В работе представлены результаты исследования параметров рождаемости и смертности пелагических рыб. Предложены новые подходы к количественной оценке и согласованию показателей рождаемости и смертности рыб, особое внимание уделено префертильным стадиям развития. В основу методики положены упрощенные математические модели возрастной и генеративной структуры популяции. Выбранные упрощения позволили получить функциональные зависимости между показателями смертности и рождаемости, временем начала и конца репродуктивного периода, показателями смертности личинок и взрослых особей. Полученные зависимости позволяют не только проводить количественную оценку показателей рождаемости и смертности по доступным значениям при недостатке информации, но и определять наиболее достоверные исходные данные в случае если имеется несколько вариантов оценки показателей.

Реализация методики представлена на материале трех морфо-экологических групп селенгинской популяции байкальского омуля. В результате реализации получены численные значения коэффициентов смертности и рождаемости для всех трех групп. Несмотря на различия в биологии, значения коэффициентов смертности для личиночных стадий рыб омуля, оказались близкими к полученным ранее значениям коэффициентов смертности личинок двух видов байкальских голомянок и пелагического бокоплава макрогектопус, которые имеют ту же размерную группу (4-15 мм) (Мокрый и др., 1999; Казазаева и др., 2006; Казазаева и др., 2007; Зоркальцев и др., 2008, 2011).

Этот факт позволил подтвердить гипотезу о том, что одноразмерные организмы, находясь в единой среде обитания, испытывают одинаковый пресс со стороны хищников. Для дальнейшей

проверки гипотезы необходимо провести исследование других водоемов. Одним из ключевых вопросов такого исследования является вопрос - отличаются ли коэффициенты смертности личинок рыб (и одноразмерных с ними организмов) одного водоема от коэффициентов смертности личиночных стадий рыб (и одноразмерных с ними организмов) другого водоема, если да, то насколько существенно.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-04-00270.

DYNAMICS OF CONCENTRATIONS OF TOTAL AND MINERAL PHOSPHORUS IN THE PELAGIC AREA OF LAKE BAIKAL

Sakirko M.V., Domysheva V.M., Emelyanova E.S.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

hydrochem@lin.irk.ru, sakira@lin.irk.ru, evgeniya_emelyan@mail.ru

Nutrients are mineral compounds that participate actively in the life cycle of aquatic organisms. They are the basis for biological productivity of water bodies and affect the water quality. Our studies were focused on phosphorus compounds. On the one hand, phosphorus plays a leading role in photosynthesis and is a material necessary for construction of phytoplankton cells. However, on the other hand, the excess of phosphorus compounds causes the development of eutrophication in water bodies. Excessive input of phosphorus compounds into the water body leads to degradation of coastal biocenoses and affects negatively its ecosystem.

Main sources of phosphorus compound input are rivers, atmospheric precipitation, point sources (sewage and drainage waters), surface flow from the built-up areas and bottom sediments.

The present work was aimed at studying the distribution of total and mineral phosphorus at 20 sites of the cross-section in Lake Baikal during different seasons of 2013. The concentration of mineral phosphorus in the surface layer of Lake Baikal varied from 2 to 10 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ and that of total phosphorus from 5 to 13 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$.

Vertical distribution and seasonal dynamics of nutrients in the lake were affected significantly by the processes occurring within the water body, in particular by intense vegetation activity and water dynamics. Similar vertical distribution of both mineral and total phosphorus was recorded for different months. Differences were observed only in the upper water layers. That was attributed to vertical water mixing and heterogeneity of production-destruction processes at different depths during vegetation period. Concentrations of mineral and total phosphorus increased with depth. However, their concentrations decreased in June and July in the near-bottom layers (100-150 m from the bottom). Maximal concentration gradients of mineral phosphorus were recorded in the thermocline layer which was observed at different depths. Variability of total phosphorus concentrations was less along the vertical profile. This was attributed to transition of mineral phosphorus consumed during photosynthesis into an organic form. Concentration of organic phosphorus did not exceed 11 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. Maximal contribution of organic phosphorus was registered in the trophogenic layer (76% on the surface in July and 40% on the surface in October) and decreased up to zero with depth. In the near-bottom layer, the contribution of organic phosphorus could reach 5%. It is likely that bottom sediments caused the increase of its concentrations. The content of organic phosphorus in the upper water layers were probably affected by zooplankton development whose role in organic phosphorus was rather significant.

The work was supported by the National Project VIII.76.1.5.

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО И МИНЕРАЛЬНОГО ФОСФОРА В ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Сакирко М.В., Домышева В.М., Емельянова Е.С.

Лимнологический институт Сибирского отделения Российской Академии наук

hydrochem@lin.irk.ru, sakira@lin.irk.ru, evgeniya_emelyan@mail.ru

Биогенные вещества – минеральные соединения, наиболее активно участвующие в жизнедеятельности водных организмов. Они являются основой биологической продуктивности водоемов и определяют качество воды. Среди биогенных элементов следует отметить особую роль соединений фосфора. С одной стороны, фосфор играет ведущую роль в процессе фотосинтеза и является материалом, необходимым для построения клеток фитопланктона, но, с другой стороны, избыток соединений фосфора ведет к развитию процессов эвтрофирования в водоемах. Чрезмерное поступление соединений фосфора в водоем приводит к деградации прибрежных биоценозов и негативным образом отражается на экосистеме водоема.

Основными источниками поступления соединений фосфора являются речной сток, атмосферные осадки, точечные источники (сточные и дренажные воды), поверхностный сток с застроенных территорий, донные отложения.

В работе рассмотрено распределение общего и минерального фосфора на 20 станциях продольного разреза озера Байкал в разные сезоны 2013 года.

Содержание минерального фосфора в поверхностном слое Байкала варьирует от 2 до 10 мкг/дм³, общего фосфора от 5 до 13 мкг/дм³.

Вертикальное распределение и сезонная динамика биогенных элементов в озере в значительной степени определяется внутриводоемными процессами, в частности, интенсивностью вегетационной деятельностью и динамикой вод. Отмечено схожее вертикальное распределение как минерального, так и общего фосфора для разных месяцев. Различия наблюдаются только в верхних слоях воды, что связано с характером вертикального перемешивания и неоднородностью продукционно-деструкционных процессов в вегетационный период на разных глубинах. Концентрации минерального и общего фосфора повышаются с увеличением глубины, однако в придонной области (100-150 м от дна) наблюдается снижение величин в июне и июле. Максимальные градиенты концентрации минерального фосфора наблюдаются в слое температурного скачка, наблюдающегося на разных глубинах. Изменчивость концентраций общего фосфора по вертикали меньше, что обусловлено переходом потребленного в процессе фотосинтеза минерального фосфора в органическую, учитываемую при аналитическом определении общего фосфора. Содержание органического фосфора не превышает 11 мкг/дм³. Максимальная доля органического фосфора наблюдается в трофогенном слое (76% на поверхности в июле, 40% на поверхности в октябре) и с глубиной уменьшается до нуля. В придонной области доля органического фосфора может достигать 5%, по-видимому, происходит влияние донных отложений на увеличение концентраций. На содержание органической формы фосфора в верхних слоях воды, возможно, заметное влияние оказывает развитие зоопланктона, роль которого в режиме органической формы фосфора весьма значительна.

Работа выполнена при поддержке проекта №VIII.76.1.5.

INTRUZIVE CURRENTS AND TRANSPORT OF IMPURITIES IN LAKES

Samolyubov B.I.

Lomonosov Moscow State University, Faculty of physics, Department of Physics of sea and land waters, Moscow, Russia,
samolyubov@phys.msu.ru

Stratified jets are in the constant interaction with the neighboring currents, as well with near-bottom as with near-surface flows. It stipulates a need to explore these flows within a system of currents. By the system of stratified currents is meant a set of currents, developing at different depths and interacting among themselves. This relationship is typical for currents in lakes, reservoirs and can manifest itself at the wide shelves of seas. Evolution of the jet as its propagation depends on the type and stability of stratification, speeds of the wind and of ambient currents, as well as on the parameters of the internal waves and of the characteristics of lake. Intermediate jets within the active layer significantly influence on the transport of suspended solids and dissolved substances of the natural and anthropogenic origin [1, 2, 3]. The goal of this work: 1) the revelation of the regularities of interaction of the flows in the systems of currents, taking into account the influence of internal waves; 2) the development of a mathematical model of the system of currents in the presence of internal waves; 3) the elaboration of the mathematical model of transport of suspended solids by the jet with a trajectory, modulated by internal wave.

On the basis of the measurement data at the crosses and term stations at the Lakes Teletskoe, Onega and Ladoga there were revealed the regularities of development of the systems of currents with the jets. The effects of internal waves and wind on the density distribution in a jet were analyzed. There was revealed the opposite character of dependencies of the water density profile on the phase velocity of internal waves by integral numbers of Richardson number for the jets, smaller and larger then found threshold.

It is shown that the ordinate of maximum of the jet velocity is defined by the position of the thermocline, oscillating at the frequencies of the lower mode of the internal seiches and by the wind velocity. Expression that specifies the trajectory of the jet, as a dependency of the height of the maximum of the jet velocity, of the depth of the thermocline and of the wind velocity. There is taken into account the ambiguity of the effect of wind velocity on the trajectory of current.

It is found that the decisive role in the dynamics of the jets played the tangential component of the force of gravity due to the slope of the jet trajectory and due to the baroclinic pressure gradient. This pressure gradient is stipulated by the changes of the thickness of the current and by the difference of the water densities in the flow and above it. On the base of the revealed regularities of the influence of the internal waves on the dynamics of the jet there is formulated the mechanism of this process.

There are proposed and verified mathematical models of jet with wave modulation and transfer of suspended matter, taking into account the interaction of jet with the near-bottom density current.

The main results of the research of jets with wave modulation of the trajectories in the systems of stratified currents are the followings. 1. There were revealed the regularities of the influence of the internal waves on jets. The mechanism of this process taking into account changes in the density field structure was proposed. 2. The dependences of the trajectory of the jet and of the water density profile from the phase velocity of internal wave, from the wind velocity and from the stability of the current were obtained. There was taken into account the opposite character of these dependences at the Richardson numbers for jets, smaller and larger than found threshold. 3. There was proposed and verified for eight systems of currents the mathematical model of the jet with taking into account the effect of internal wave on the jet-type current. 4. The mathematical model of the transfer of the suspended matter by the jets with wave modulation of the trajectories was modified and verified.

This work was supported by the RFBR (grant 14-05-00822).

References

1. Terletskaia E., Maderich V., Brovchenko I. 2011. Strong-nonlinear internal seiches in elongated stratified Lakes and the phenomenon of "Lake monsters". *Journal of applied hydromechanics*. 13.
2. Samolyubov B.I. 2013. Interaction between Jets and Density Currents. *Moscow University Physics Bulletin*. 68(5), 431-435.
3. Serra T., Vidal J., Casamitjana X. 2007. The role of surface vertical mixing in phytoplankton distribution in a stratified reservoir. *Limnology and Oceanography*. 52(2).

ИНТРУЗИОННЫЕ ТЕЧЕНИЯ И ТРАНСПОРТ ПРИМЕСЕЙ В ОЗЕРАХ

Самолубов Б.И.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
физический факультет, кафедра физики моря и вод суши, Москва, Россия,
samolyubov@phys.msu.ru

Стратифицированные струи находятся в постоянном взаимодействии с соседними течениями, как придонными, так и приповерхностными. Этим обусловлена необходимость изучения этих потоков в рамках системы течений. Под системой стратифицированных течений понимается совокупность потоков, развивающихся на разных глубинах и взаимодействующих между собой. Подобная взаимосвязь характерна для течений в озерах, водохранилищах и может проявляться на широких шельфах морей. Эволюция струи по мере ее распространения зависит от устойчивости и типа стратификации, скоростей ветра и окружающих течений, а также от параметров внутренних волн и характеристик водоема. Промежуточные струи в деятельном слое существенно влияют на процессы переноса взвесей и растворенных в воде веществ естественного и техногенного происхождения [1, 2, 3]. Цели данной работы: 1) выявление закономерностей взаимодействия потоков в системах течений с учетом влияния внутренних волн; 2) разработка математической модели системы течений при наличии внутренних волн; 3) разработка математической модели транспорта взвеси струей с траекторией, модулированной внутренней волной.

На базе данных измерений на разрезах и срочных станциях в озерах Телецком, Онежском и Ладожском выявлены закономерности развития систем течений со струями. Проведен анализ воздействия внутренних волн и ветра на распределение плотности в струе. Выявлен противоположный характер зависимостей формы профиля плотности от фазовой скорости внутренней волны при интегральных числах Ричардсона для струи, меньших и больших найденного порогового значения.

Показано, что ордината максимума скорости струи определяется положением термоклина, колеблющимся на частотах низших мод внутренних сейш и скоростью ветра. Получено выражение, определяющее траекторию струи, в виде зависимости высоты максимума скорости струи от положения термоклина и скорости ветра. Учтена неоднозначность влияния скорости ветра на траекторию течения. Установлено, что определяющую роль в динамике струй играли тангенциальная составляющая силы тяжести за счет уклона траектории и бароклинный градиент давления за счет изменений толщины течения и разности плотностей жидкостей в потоке и над ним. На основании выявленных закономерностей влияния внутренних волн на динамику струй сформулирован механизм этого процесса.

Предложены и проверены математические модели струи с волновой модуляцией и переноса взвеси с учетом взаимодействия струи с плотностным потоком.

Основные результаты исследований струй с волновой модуляцией траекторий в системах стратифицированных течений сводятся к следующим: 1. Выявлены закономерности влияния внутренних волн на струйные течения. Предложен механизм этого процесса с учетом изменений поля плотности. 2. Получены зависимости траектории струи и фактора формы профиля плотности воды от фазовой скорости внутренней волны, скорости ветра и устойчивости течения. Учтен их противоположный характер при числах Ричардсона для струи, меньших и больших найденного

порогового значения. 3. Предложена и проверена для восьми систем течений математическая модель струйного потока с учетом влияния внутренней волны на траекторию струи. 4. Модифицирована и проверена модель переноса взвеси в струях с волновой модуляцией траекторий.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 14-05-00822).

Список литературы:

1. Терлецкая Е., Мадерич В., Бровченко И. 2011. Сильно-нелинейные внутренние сейши в удлиненных стратифицированных озерах и феномен "озерных монстров". Прикладная гидромеханика. 13.

2. Самолубов Б.И. 2013. Взаимодействие струи и плотностного потока. Вестн. Моск. Ун-та. 3. Физика. Астрономия. 5.

3. Serra T., Vidal J., Casamitjana X. 2007. The role of surface vertical mixing in phytoplankton distribution in a stratified reservoir. *Limnology and Oceanography*, 52(2).

DISTRIBUTION OF CHLOROPHYLL-A IN LAKE SYSTEM OF STRATIFIED CURRENTS

Samolyubov B.I., Ivanova I.N.

Lomonosov Moscow State University, Department of physics, Department of Physics of sea and land waters, Moscow, Russia,
samolyubov@phys.msu.ru

Influence of the hydrodynamic effects on the chlorophyll-a distribution must be taken into account in the hydro-ecological forecasts. In doing so, have to take into account the set of the flows, developing at different depths from the surface to the bottom and interacting among themselves. Such systems include near-bottom flows, jets and other currents. The study of their impact on the transfer of impurities in lakes is effectively by simultaneous investigations of the changes of the distributions of parameters of the currents and of the composition of water [1, 2, 3]. The goal of this work: the revelation of the mechanisms and elaboration of the mathematical model of the transfer of chlorophyll-a in the systems of stratified flows.

The regularities of the transfer of chlorophyll-a were revealed on the base of the results of the investigations of distributions of current velocity, water temperature and concentrations of impurities in the Petrozavodsk bay of Lake Onega and in the Volkhov bay of Ladoga Lake. Measurements were carried out by the expeditions of MSU from scientific vessel «Ecolog» IVPS Kar NC in 2007-2012. The following devices were used. 1. Doppler current velocity profiler RDCP600 (Aanderaa), equipped with sensors of water level, temperature, conductivity, turbidity and dissolved oxygen. 2. Probe RCM 9 LW (Aanderaa) with Doppler meter of current velocity, sensors of water temperature, conductivity, turbidity and oxygen concentrations. 3. Probe CTD90M (Sea-Sun) for registrations of temperature, conductivity, turbidity and chlorophyll-a concentration.

Detailed profile measurements of the parameters of currents and water composition were performed at the surveys and crossings. In the Petrozavodsk bay of Lake Onega there was discovered the system currents with density current and wave flows caused by internal waves of the seiches nature. The depth averaged concentration of chlorophyll-a decreased at 20% from the head of the bay before coming out into the open Lake. This decrease was inversely proportional to the hydrodynamic stability, estimated by the integral (over the entire depth) Richardson number. In the near-bottom current the decrease of concentrations was 70% and was inversely proportional to the velocity of the gravitational density current. At the crossing from the near-mouth zone of the river Volkhov until the exit from the bay into the open Lake was discovered a new (in our classification) type of the systems of currents including upwelling, the submerged jet of river waters and the large-scale internal wave. There were obtained the distributions current velocity, water density and concentration of chlorophyll-a in the two systems of currents. Mathematical model of the transfer of the chlorophyll-a was modified and validated, taking into account the effects of turbulent exchange in the system of currents, of changes of the water temperature and other factors.

The main results are as follows. 1. It has been established that in the system of currents with density and wave flows the average over the entire depth concentration of the chlorophyll-a decreased inversely proportional to the hydrodynamic stability, and in the near-bottom current to its velocity. 2. It has been established that in the system of currents including upwelling during its amplification took place the increase of the depth averaged of the chlorophyll-a. 3. In the near-bottom layer there was registered an increase of concentration of chlorophyll-a due to the growth of depth of thermocline under the action of internal wave. 4. The expression for estimating of the concentration of chlorophyll-a on the base of data of measurements of water temperature and turbidity was obtained. 5. There was modified mathematical model of transfer of chlorophyll-a in the systems of currents.

This work was financially supported by the RFBR (grant 14-05-00822).

References

1. Peeters F., Straile D., Lorke A., Ollinger D. 2007. Turbulent mixing and phytoplankton spring bloom development in a deep lake. *Limnol. Oceanogr.* 52(1). 286-298.
2. Samolyubov B.I., Ivanova I.N. 2015. Effect of Internal Waves on Intrusions in a Thermocline and on Upwelling. *Physics of Wave Phenomena.* 23(1). 1-5.
3. Pokazeev K.V., Samolyubov B.I., Filatov N.N. 2012. Density flow and wave currents in the Bay. *Meteorology and hydrology.* 2. 83-88.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА-А В ОЗЕРНЫХ СИСТЕМАХ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ

Самолубов Б.И., Иванова И.Н.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет, кафедра физики моря и вод суши. 119991, Россия,
Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
samolyubov@phys.msu.ru

Влияние гидродинамических эффектов на распределение хлорофилла-а необходимо учитывать в гидроэкологических прогнозах. При этом приходится принимать во внимание совокупность потоков, развивающихся на разных глубинах от поверхности до дна и взаимодействующих между собой. В такие системы течений входят придонные, струйные и другие потоки. Изучение их воздействия на перенос примесей в озерах эффективно при одновременных исследованиях преобразований распределений параметров течений и состава воды [1, 2, 3]. Цели этой работы: выявление механизмов и разработка математической модели переноса хлорофилла-а в системах стратифицированных течений.

Закономерности переноса хлорофилла-а выявлялись по данным исследований распределений скорости течения, температуры воды и концентраций примесей в Петрозаводской губе Онежского озера и в Волховской губе Ладожского озера. Измерения велись экспедициями МГУ с борта НИС «Эколог» ИВПС Кар НЦ РАН в 2007-2012 гг. Применялись следующие приборы. 1. Допплеровский профилограф скорости течения RDCP600 (Aanderaa), оснащенный датчиками уровня воды, температуры, электропроводности, мутности и содержания растворенного кислорода. 2. Зонд RCM 9 LW (Aanderaa) с доплеровским регистратором скорости, датчиками температуры, электропроводности, концентраций кислорода и взвеси. 3. Зонд STD90M (Sea-Sun) для регистраций температуры, мутности, электропроводности и концентрации хлорофилла-а.

Детальные профильные измерения параметров течений и состава воды выполнены на плановых съемках и разрезах. В Петрозаводской губе оз. Онежского обнаружена система течений с плотностным и волновыми потоками, вызванными внутренними волнами сейшевой природы. Средняя по глубине концентрация хлорофилла-а спадала на 20% от верховьев залива до выхода в открытое озеро обратно пропорционально гидродинамической устойчивости, оцененной по интегральному (по всей глубине) числу Ричардсона. В придонном потоке спад концентрации составлял 70% и происходил обратно пропорционально скорости гравитационного плотностного течения. На разрезе от приустьевой зоны р. Волхов до выхода из губы в открытое озеро обнаружен новый в нашей классификации тип систем течений с апвеллингом, затопленной струей речных вод и крупномасштабной внутренней волной.

Получены распределения скорости, плотности воды и концентрации хлорофилла-а в двух системах течений. Модифицирована и проверена математическая модель переноса хлорофилла-а, учитывающая влияние турбулентного обмена в системе течений, изменений температуры и других факторов.

Основные результаты сводятся к следующим. 1. Установлено, что в системе течений с плотностным и волновыми потоками средняя по всей глубине концентрация хлорофилла-а спадала обратно пропорционально гидродинамической устойчивости, а в придонном потоке - скорости плотностного течения. 2. Установлено, что в системе течений с апвеллингом его усиление способствовало росту средней по глубине концентрации хлорофилла-а. 3. В придонной области зарегистрировано повышение содержания хлорофилла-а за счет волнового заглубления термоклина. 4. Получено выражение для оценки концентрации хлорофилла-а по мутности и температуре воды. 5. Модифицирована математическая модель переноса хлорофилла-а в системах течений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 14-05-00822).

Литература

1. Peeters F., Straile D., Lorke A., Ollinger D. 2007. Turbulent mixing and phytoplankton spring bloom development in a deep lake. *Limnol. Oceanogr.* 52(1). 286-298.

2. Samolyubov B.I., Ivanova I.N. 2015. Effect of Internal Waves on Intrusions in a Thermocline and on Upwelling. *Physics of Wave Phenomena*. 23(1). 1-5.

3. Pokazeev K.V., Samolyubov B.I., Filatov N.N. 2012. Density flow and wave currents in the Bay. *Meteorology and hydrology*. 2. 83-88.

DISCUSSION FOR ORIGIN OF THE MODERN HYDROCARBON GASES VENTING IN THE LITOSPHERE OF THE FAR EASTERN MARGINAL SEAS

Shakirov R., Obzhirov A.

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
ren@poi.dvo.ru

In work the thesis is discussed: the gas-geochemical mode of the seas of Far East sector of a transitional continent-ocean zone of the East of Asia depends on a seismotectonic situation which controls gas fluxes, formation of hydrocarbon deposits and gas-geochemical fields and can be classified. The analysis is carried out on gas-geochemical fields and gas venting in areas of the Okhotsk, Japan, Chukchi and East-Siberian Seas with high, average and low seismicity for the last 30 years. Relations of gasgeochemical fields with seismotectonic activity can be divided into 4 types on response time for earthquakes: pre-seismic; co-seismic (from one to several hours); post-seismic (short about one month; and long about one year and more). The co-seismic effect is surely established for mud volcanoes of the Hokkaido-Sakhalin folded system and the ridge of Okushiri (the North of the Sea of Japan). These are mud volcanoes: Yuzhno-Sakhalinsky, Pugachevsky, Lesnovsky and Vostochniy (Sakhalin Island), Kamihoronobe, Utakisibetsu and Niikappu (Hokkaido Is.), Matsudai, Gamo, Muro, Kamou, etc. (Honshu Isl.). That type of gas-seismicity relation is confirmed by co-seismic emissions of gases from the mud volcanoes in the Nankai Trough and on Taiwan Isl. Modern volcanogenic seismicity of Kamchatsko-Kurile-Japan Arc area is reflected in volcanic gases the hydrocarbon gases with co-seismic metamorphic and an abiogenic isotope signal of methane carbon (Kunashir Isl. -28‰ PDB, Iturup Isl. -3 ÷ -6‰) and carbon dioxide correspondingly. Co-seismic gas emissions also famous in the Black Sea and Baikal Lake. The bubbles there in (generally presented by methane) literally caused even foam on the water surface. Co-seismic gas escape expected in gas hydrate areas along Japan Arc and Sakhalin Island and accompanied by helium and hydrogen anomalies. The short post-seismic effect can prevail in case of strong and shallow-focus (to 50 km) earthquakes in zones of active faults as it is established in the western part of the Sea of Okhotsk. In other regions of the Sea of Okhotsk other post-seismic effects can be observed. In a seaside zone of the Japan Sea deep-focal earthquakes (for 21 events during 1981-2009 depths of the hypocenters 312-584 km, the magnitude of 4.6-7.2), define long post-seismic influence on the gas-geochemical mode, showing and supporting the local centers of decontamination. This situation, for example, is expressed in existence of four meta-stable gas seepage sites on methane, helium and hydrogen on a continental slope of the Great Peter Bay. Seismotectonics and gas venting correlation is most difficult to define for long post-seismic type. For this task one of expedient decisions is consideration of lithosphere degassing along the lineament - complicated geotectonic structures of the regional (300-2000 km) and planetary (3000-20000 km) scales. The most intensive hydrocarbon venting in the Far East region happens within the Hokkaido-Sakhalin folded system which is part of the Okhotsk-Japan lineament which, probably, extended to the seismically and volcanically active Gakkele Ridge (Laptev Sea). This lineament controls fields of high-intensity gas seepage at the bottom of the Sea of Okhotsk (the western part), Japan Sea (Tatar Strait and around Japan Islands) and the Laptev Sea. The Pre-seismic type of gas-seismicity relation defines formation of regional background gasgeochemical fields and local abnormal gas-geochemical fields, and characterizes conditions of gas fluxes hazard at possible seismotectonic activation (for example, Chukchi and East Siberian Seas). Research of seismotectonic control of heterogeneous gas fluxes is closely connected with the forecast and search of hydrocarbon deposits. Thus, the existing data on relations of gas-geochemical fields, gas vents/flares and seismotectonic pattern of the marginal seas allow to classify them and to discuss the reasons of modern hydrocarbon and other gases fluxes through the lithosphere of the marginal seas and areas of the Far East region and East Arctic.

ABOUT TRANSPARENCY AT LONGITUDINAL AND SEVERAL LATITUDINAL SECTIONS OF LAKE BAIKAL IN 2009-2010

Sherstyankin P.P., Ivanov V.G., Kucher K.M.

Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia
ppsherst@lin.irk.ru

The work concerning the transparency showed that this is one of the parameters like water temperature and allows to determine a series of new characteristics [1-3]. We used as an instrument a

photometer-transparencymeter constructed by M.E. Lee [4]. We used in our work method of station, by data of which we outlined longitudinal and latitudinal sections. The aim was to obtain data on transparency on the whole Lake Baikal, their results and conclusions.

Stations of longitudinal section were analyzed. Layer of 0-250 m. The section begins at middle part of the section Maritui-Solzan and passed then to the St. mTSG (depth 1095 m) 7 km southward from the Station Tolsty-Snezhnaya, then everything was done according to the plan. The layer of discontinuity is below 40 m up to the St. Khoboi-Krestovy, at the St. Listvyanka-Tankhoy the isoline 0.4 m^{-1} is at the level 180m, after the St. Kadil'ny-Mishikha it is again at the level 60 m. At the St. Bugul'deyka-Srednyaya (saddle point), the isoline 0.4 m^{-1} goes down up to 140 m and goes up gradually towards the St. Malye Vorota – Boldakovo, then goes down again up to 200 m at the St. Zavorotnaya-Sosnovka and goes up to 80 m at the St. Elokhin-Davsha and then remains constant up to the end. The deep zone looks like almost the same everywhere: southern part – 1200-1350 m, mean attenuation index is 0.18 m^{-1} ; central part – 1200-1500 m, mean attenuation index is 0.15 m^{-1} ; northern part – 600-700 m, mean attenuation index is 0.13 m^{-1} . The near-bottom zone – traces of vertical exchange are found out at each site.

Then latitudinal section was analyzed. Each latitudinal section has its own differences.

The studies are continued.

References

1. Sherstyankin P.P., Kaplin V.M. 1973. Hydrobiologica J. 1(IX). 89-91.
2. Sherstyankin P.P., Kokhanenko G.P., Penner I.E. et al. 2002. Dokl. RAN. 383(1). 106-110.
3. Lee M.E., Neuymin G.G., Sherstyankin P.P. 1970. Proc. of LIN of USSR AS. 14(34). 136-145.
4. Lee M.E. 1969. Proc. of MSI of Ukrainian Sov. Soc. Respublik AS. 41. 180-187.

О ПРОЗРАЧНОСТИ НА ПРОДОЛЬНОМ И НЕКОТОРЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ РАЗРЕЗАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ В 2009-2010 гг.

Шерстянкин П.П., Иванов В.Г., Кучер К.М.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

ppsherst@lin.irk.ru

Проведенные работы по прозрачности показали, что она является таким же параметром как температура воды и дает возможность определять ряд новых характеристик [1-3]. В качестве прибора использовался фотометр-прозрачномер конструкции М.Е. Ли [4]. В работе использовался метод станций, по данным которых строились продольные и поперечные разрезы. Целью работы являлось получение данных по прозрачности по всему Байкалу, их результаты и выводы.

Анализировались станции продольного разреза.

Слой 0 – 250 м. Начинаясь разрез с середины разреза Маритуй - Солзан и затем переходил на ст. mTSG (глубина 1095 м) 7 км на юг от станции Толстый – Снежная и дальше все шло по плану. Слой скачка лежит ниже 40 м до ст. Хобой-Крестовый, на ст. Листвянка-Танхой изолиния 0.4 m^{-1} лежит на 180 м и после ст. Кадильный – Мишиха снова ложится на 60 м. На ст. Бугульдейка-Средняя (седловинная точка) изолиния 0.4 m^{-1} опускается на 140 м и плавно поднимается к ст. Малые Ворота-Болдаково и снова опускается до 200 м на ст. Заворотная-Сосновка и поднимается до 80 м на ст. Елохин-Давша и дальше до конца остаётся постоянной. Глубинная зона везде выглядит почти одинаковой: южная – 1200-1350 м, средний показатель ослабления – 0.18 m^{-1} ; центральная – 1200-1500 м, средний показатель ослабления – 0.15 m^{-1} ; Северная – 600-700 м, средний показатель ослабления – 0.13 m^{-1} . Придонная зона – в каждом месте выделяются следы вертикального обмена.

Затем анализировались поперечные разрезы. В каждом поперечном разрезе есть свои отличия. Исследования продолжаются.

1. Шерстянкин П.П., Каплин В.М. 1973. Гидробиологический ж. 1(IX). 89-91.
2. Шерстянкин П.П., Коханенко Г.П., Пеннер И.Э. и др. 2002. Докл. РАН. 383(1). 106-110.
3. Ли М.Е., Неуймин Г.Г., Шерстянкин П.П. 1970. Тр. ЛИН СО АН СССР. 14(34). 136-145.
4. Ли М.Е. Тр. МГИ АН УССР, 1969, т. 41, с. 180-187.

ON HYDROPHYSICAL POLYGON UNDER THE ICE OF SOUTH BAIKAL NEAR IVANOVSKY CAPE

Sherstyankin P.P.¹, Kokhanenko G.P.², Ivanov V.G.¹, Troitskaya Ye.S.¹

¹Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia

²Institute of Atmosphere Optics of RAS SB

ppsherst@lin.irk.ru

Observations of temperature and indicator of light radiation weakening using precision CTD probe and photometer-transparencymeter PT were performed in winter near Ivanovsky Cape not far from neutrino telescope. We selected a polygon with the area of 5x5 km with ice camp of neutrino telescope in the center and cross-sections from the shore up to 8 km long with station at each 1 km milestone. The aim of the work is to compare the scales of new structures obtained in three surveys and conclusions.

The materials reveal the following: deepening and blurring of temperature layer of discontinuity is observed near the shore; this is confirmed by elevated values of cabbelling; temperature layer of discontinuity characteristic for winter conditions begins from 20 m layer and temperature 0.2°C and finishes at the depths 110÷125 m with temperatures of ca. 3.6°C; main layer of discontinuity finishes before mesothermal maximum of temperature (MMT), which has different temperatures (from 3.57 to 3.64°C) and depths (from 120 to 200 m); the depth of point of real temperature profile with temperature of maximal density T_{MD} profile; this point was identified before with the depth of MMT, but it is not obligatory for it to coincide with MMT, sometimes it differs by several tens of meters (more or less), etc.

The work is done in the Limnological Institute of SB RAS.

О ГИДРОФИЗИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ ПОДО ЛЬДОМ ЮЖНОГО БАЙКАЛА У МЫСА ИВАНОВСКОГО

Шерстянкин П.П.¹, Коханенко Г.П.², Иванов В.Г.¹, Троицкая Е.С.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт Оптики атмосферы СО РАН

ppsherst@lin.irk.ru

Наблюдения за температурой и показателем ослабления светового излучения с помощью прецизионного CTD зонда и фотометра-прозрачномера ФП проводились в зимние периоды у м. Ивановского в районе нейтринного телескопа. Был выбран полигон размером 5x5 км с ледовым лагерем нейтринного телескопа в центре и разрезы от берега до 8 км со станциями через 1 км. Целью работы является сравнение масштабов новых структур, полученных в трех съёмках, выводы.

Из материалов следует: у берега прослеживается заглублиение и размывание слоя скачка температуры, что подтверждается повышенными значениями уплотнения при смешении; характерный для зимних условий слой скачка температуры начинается от 20 м и температуры 0.2°C и заканчивается на глубинах 110÷125 м с температурами порядка 3.6°C; основной слой скачка заканчивается перед мезотермическим максимумом температуры (ММТ), который имеет разные температуры (от 3.57 до 3.64°C) и глубины (от 120 до 200 м); глубина точки пересечения профиля реальной температуры с профилем температуры максимальной плотности $T_{мп}$, которая раньше отождествлялась с глубиной ММТ, не обязательно совпадает с ММТ и иногда отличается на несколько десятков метров в ту или другую сторону и т.д.

Работа выполнена в Лимнологическом институте СО РАН.

ABOUT THE FEATURES OF TEMPERATURES AND FREQUENCY BUOYANCY ON LAKES BAIKAL AND TANGANYIKA

Sherstyankin P.P.¹, Plisnier P.-D.², Potemkin V.L.¹, Kuimova L.N.¹, Ivanov V.G.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²Royal Museum for Central Africa, Tervuren, Belgium

ppsherst@lin.irk.ru, pierre-denis.plisnier@africamuseum.be

Lakes Baikal and Tanganyika are the largest lakes on the Earth. Lake Baikal is situated in the temperate zone of the Northern Hemisphere, 51°28'-55°47'N and 103°43'-109°58'E, its water temperature is from 0 to 25°C at mean value of 3.42033°C, period of ice cover is 5 months, salinity is 0.0965 g/kg, and maximal depth is 1637 m. Lake Tanganyika is situated in the tropic zone of the Southern Hemisphere, 3°30'-8°50'S and 29°05'-31°15'E, water temperature is 27.8-23.1°C at mean value of 23.648°C, salinity is 0.63 g/kg, and maximal depth is 1410 m.

For comparison with Lake Tanganyika, we have to use maximal temperature on Lake Baikal. As a rule, this is August 21. Unfortunately, we have found only the survey of September 15-17, 1973 with maximal temperature 12.42°C (Shimaraev, 1977; standard horizons); by 10 and 50 mit reached 11.04 and

4.15°C, by 250 m it decreased gradually up to 3.52°C and deeper it followed the z axis almost in parallel way reaching 3.15°C at 1500 m; temperature of maximal density t_{md} begins from 3.96°C and finishes by 0.86°C at 1500 m. At high temperatures, $t \gg t_{md}$ can be neglected, and at temperatures t close to t_{md} it is to be taken into account.

For comparison with data obtained using modern CTD, e.g., MCTD3.5" (resolution accuracy 0.0001°C and counting at each 1 decibar), we are going to consider a series of July 14, 2009 in the area of Izhimey Cape, near the area of maximal depths of Lake Baikal. By this date, water did not warm yet, the temperature was 6.13°C, but at large depth 1500-1625 m, there was normal temperature $(3.2278-3.1761)^\circ\text{C}$.

Adiabatic buoyancy N_{ad}^2 on the surface was $(9.4-7.3) \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$, it reached the minimum $(4.2-8.4) \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$ at 250 and 134 m, its values increased first more rapidly, then more temperately reaching $(0.7-3.1) \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$ at depths 1500 and 1622 m. Maximal thermal buoyancies $N^2(t_z)$ realize their maximal values at first ten meters as $(95.9-1.7) \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$, then they go towards minimum $(1.97-91.1) \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$ at 250 and 134 m, their values increase first rapidly, then a little more temperately up to $(2.1-31.2) \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$.

Annual limnological cycles were studied at Lake Tanganyika (Plisnier et al., 1999). We considered one of such moments, which can be called "survey during a dry season" in 2004. There were four stations from north to south at the following sites: TK1 – 1156 m, TK5 – 546 m, TK8 – 1344 m and TK11 – 244 m. There was at the stations the following surface temperature, °C: 27.5, 26.65, 26.73 and 27.51; rapid and slow layer of temperature discontinuity was: 27.16-23.51 at 33-304 m; 26.18 – 23.44 at 34-300 m; 25.96 – 23.50 at 57-300 m and 25.89-23.5863 at 57-244 m; reaching the bottom: 23.3465; 23.41; 23.4373; 23.5863. Adiabatic buoyancy $N_{ad}^2 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$ decreases in the upper layer of 250 m and increases in deeper layers (290, 295, 287, 242 m) reaching $4.6 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$ for 1344 m. Thermal and salinity buoyancies $N^2 = 5.5 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$ in the layer of 50-80 m were active, there were several peaks ($\sim 10^{-4} \text{ s}^{-2}$), and after 250 m they were not detectable on the background of adiabatic activity.

References

Edmond, J. M. et al. 1993. Limnol. Oceanogr. 38. 725-738.

Plisnier, P.-D. et al. 1999. Hydrobiologia. 407. 45-58.

Vereshchagin G.Yu. 1927. Proceedings of Commission for Lake Baikal studies. Leningrad. USSR AS Publishing House. 77-138, in Russian.

Sherstyankin, P.P. et al. 2009. Doklady Earth Sciences. 429A(9). 1553–1558.

Shimaraev M.N. 1977. Elements of the Heat Regime of Lake Baikal. Nauka, Novosibirsk. 150 p, in Russian.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТЕМПЕРАТУР И ЧАСТОТАХ ПЛАВУЧЕСТИ НА ОЗЕРАХ БАЙКАЛ И ТАНГАНЬИКА

Шерстянкин П.П.¹, Плисниер П.Д.², Потемкин В.Л.¹, Куимова Л.Н.¹, Иванов В.Г.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Королевский Музей Центральной Африки, Тервурен, Бельгия
ppsherst@lin.irk.ru, pierre-denis.plisnier@africamuseum.be

Озера Байкал и Танганьика являются самыми крупными озерами Земного Шара. Озеро Байкал расположено в умеренной зоне северного полушария, 51°28'-55°47' и 103°43'-109°58' восточной долготы, с температурой воды от 0 до 25°C при средней 3.42033°C, продолжительностью ледового покрова 5 месяцев, соленостью 0.0965 г/кг и максимальной глубиной 1637 м. Озеро Танганьика расположено в тропической зоне южного полушария, 3°30'-8°50' и 29°05'-31°15' восточной долготы, с температурой воды 27.8-23.1°C при средней 23.648°C, соленостью 0.63 г/кг и максимальной глубиной 1410 м.

Для сравнения с озером Танганьикой нужно брать самую большую температуру озера Байкал, как правило, 21 августа, но мы нашли только съемку за 15-17 сентября 1973 г. с максимальной температурой 12.42°C (Шимараев, 1977; стандартные горизонты), к 10 и 50 м достигала 11.04 и 4.15°C, к 250 м плавно убывала до 3.52°C и глубже шла почти параллельно оси z, достигая 3.15°C на 1500 м; температура максимальной плотности t_{md} , начинается с 3.96°C и закачивается 0.86°C на 1500 м. При больших температурах $t \gg t_{md}$ можно пренебречь, а при температурах t , близких к t_{md} , нужно учитывать.

Для сравнения с данными, получаемыми современными CTD, например, MCTD3.5" (разрешаемая точность 0,0001°C и отсчеты через 1 децибар), мы взяли серию за 14 июля 2009 г. в районе мыса Ижмей, вблизи максимальных глубин озера Байкал. Температура за это время еще не прогрелась и была 6.13°C, но на больших глубинах 1625 была температура 3.1761°C.

Адиабатическая плавучесть N_{ad}^2 на поверхности была равна $(94.0-7.32) \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$, достигала минимума $(4.2-8.4) \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-2}$, на 250 и 134 м, и повышала свои значения вначале более быстрыми

темпами, а затем несколько более умеренными $(0.735-1.01) \cdot 10^{-6} s^{-2}$ на глубинах 1500 и 1622 м. Максимальные термические плавучести $N^2(t_z)$ реализуют свои максимальные значения в первых десяти метрах $(95.9-1.7) \cdot 10^{-5} s^{-2}$, затем стремятся к минимуму $(199.7-1.1) \cdot 10^{-9} s^{-2}$ на 250 и 134 м, повышают свои значения вначале быстрыми темпами, а затем несколько более умеренными $(2.13-1.2) \cdot 10^{-6} s^{-2}$.

На озере Танганьика изучены лимнологические годовые циклы (Plisnier et al., 1999). Мы рассматривали один из таких моментов, который можно назвать съемкой в сухой сезон 2004 г. Четыре станции располагались с севера на юг в местах: ТК1 – 1156 м, ТК5 – 546 м, ТК8 – 1344 м и ТК11 – 244 м. Станции имели температуру поверхности, °C: 27,5, 26,65, 26,73 и 27,51; быстрый и медленный слой скачка температуры: 27.16-23.51 глубина 33-304 м; 26,18-23,44 глубина 34-300 м; 25,96-23,50 глубина 57-300 м и 25,89-23,5863 глубина 57-244 м; достигала дна: 23,3465; 23,41; 23,4373; 23,5863. Адиабатическая плавучесть N_{ad}^2 $5 \cdot 10^{-5} s^{-2}$ понижается в верхнем 250 метровом слое и повышается в более глубоких слоях (290, 295, 287, 242 м), достигая $4.6 \cdot 10^{-5} s^{-2}$ для 1344 м. Термическая и соленостная плавучести N^2 $5.56 \cdot 10^{-5} s^{-2}$ в слое 50-80 м вела себя активно, несколько всплесков ($\sim 10^{-4} s^{-2}$) и после 250 м была неразличима на фоне адиабатической активности.

Литература

Edmond, J. M. et al. 1993. Limnol. Oceanogr. 38. 725-738.

Plisnier, P.-D. et al. 1999. Hydrobiologia. 407. 45-58.

Верещагин Г.Ю. 1927. Тр. Комм. По изучению озера Байкал. Л. Изд. АН СССР. 77-138.

Sherstyankin, P.P. et al. 2009. Doklady Earth Sciences. 429A(9). 1553-1558.

Шимараев М.Н. Наука. Новосибирск. 1977. 150 с.

ON TEMPERATURE OF MAXIMAL DENSITY ON LAKE BAIKAL

Sherstyankin P.P., Shimaraev M.N., Potemkin V.L., Kuimova L.N., Blinov V.V.,
Ivanov V.G.

¹ Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, 664033, Russia
ppsherst@lin.irk.ru

Newton's method of iterations was used for calculation of temperatures of maximal density t_{md} , and the determining role belonged here to the coefficient of temperature expansion α , which stopped counting at sign change. It was noted in [1] that $\alpha=0$ only once (with value of ca. 16 bar). In [2], improvement by one order of magnitude was obtained but α converted into zero as well only once, at the value of 150 bar, although α was used 181 times. In equation presented in [3, 4], t_{md} while converted into 1 bar was equal to zero 77 times. Summary error t_{md} was -3.5286 , 0.4468 and 0.0000 °C, respectively [1, 2, 3, 4]. As well while using the coefficient of temperature expansion α , summary error was -4.9310^5 , $7.02 \cdot 10^{-6}$ and 4.5410^9 1/°.

The following parameters were re-calculated: temperature of maximal density for pure and Baikalian water t_{md} , 1/°; coefficient of temperature expansion α , 1/°; stability E with order of magnitude minimum $10^{-14}, m^{-1}$ and Cp/Cv , with maximal value < 1.000001 but > 1.00000 , for the whole scale of 0-180 bar, and this was just the aim of the work.

The work is going on. The work is done in the Limnological Institute of RAS SB.

References

Chen C.-T.A, F.J. Millero. 1986. Limn. Oceanogr. 31(3). 657-662.

Granin N.G. 1999. Author's abstract for Cand. in Georg. Sci. degree. Irkutsk, IGSO of RAS SB, p. 19.

Sherstyankin P.P., Kuimova L.N., Potemkin V.L. 2000. Dokl. Earth Sciences. 375(8). 1318-1322.

Bocharov O.B., Vasil'ev O.F., Ovchinnikova T.E. 1999. Dokl. RAN. 366(4). 533-536.

О ТЕМПЕРАТУРЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Шерстянкин П.П., Шимараев М.Н., Потемкин В.Л., Куимова Л.Н., Блинов В.В.,
Иванов В.Г.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, 664033, Россия
ppsherst@lin.irk.ru

Метод итераций Ньютона был применен к расчету температур максимальной плотности t_{md} , при чем здесь определяющую роль играл коэффициент температурного расширения α , который останавливал счет по достижению смены знака. В работе [1] было отмечено, что α равняется нулю только один раз (около 16 бар). В работе [2] было получено улучшение на один порядок, но α обращалось в нуль так же только один раз, 150 бар, при обращении к α 181 раз. В работах [3, 4] в уравнении t_{md} при обращении в 1 бар равнялось нулю 77 раз. Суммарная ошибка

t_{md} равнялась: -3.5286, 0.4468 и 0.0000 соответственно [1, 2, 3, 4]. Также при обращении к коэффициенту температурного расширения α суммарная ошибка равнялась: $-4.931 \cdot 10^5$, $7.02 \cdot 10^6$ и $4.541 \cdot 10^9$.

Пересчитаны: температура максимальной плотности для чистой и байкальской воды t_{md} , °C; коэффициент температурного расширения α , $1/^\circ$; устойчивость E с минимумом порядка 10^{-14} , m^{-1} и Cp/Cv , с максимальным значением меньше, чем 1.000001, но больше 1.00000, для всей шкалы 0-180 бар, что явилось и целью работы.

Работы продолжаются. Работа выполнена в Лимнологическом институте СО РАН.

Литература

Chen C.-T.A, Millero F.J. 1986. Limn. Oceanogr. 31(3). 657-662.

Гранин Н.Г. 1999. Автореферат диссерт. на соискание к.г.н. Иркутск, ИГСО РАН. с. 19.

Sherstyankin P.P., Kuimova L.N., Potemkin V.L. 2000. Dokl. Earth Sciences. 375(8). 1318-1322.

Bocharov O.B., Vasil'ev O.F., Ovchinnikova T.E. 1999. Dokl. RAN. 366(4). 533-536.

BIODEGRADATION OF DISSOLVED ORGANIC MATTER AND RELATED TRACE ELEMENT IN THE MOUTH ZONE OF THE SEVERNAYA DVINA RIVER: EXPERIMENTAL MODELING

Shirokova L.S.¹, Ershova A.A.¹, Pokrovsky O.S.^{1,2}, Chupakov A.V.¹

¹Institute of Environmental Problems of the North UB RAS, Arkhangelsk, Russia

²Georesources and Environnement Toulouse GET UMR CNRS, Université Paul Sabatier, Toulouse, France

LShirokova@yandex.ru

The relationship between dissolved organic carbon and heterotrophic bacterioplankton is one of the main factor controlling the ecological balance of the ecosystem. This relationship is particularly important for aquatic ecosystems in northern latitudes where the predominant portion of the total organic pool is conventionally dissolved (<0.45 μm) colloidal organic matter (95%). The mouth zone of the Severnaya Dvina River is a representative object for such a study because of its relatively easy access, infrastructure, and knowledge of hydrology. Experimental modeling of the biodegradation of dissolved organic matter and associated trace elements is an effective method for studying the processes of biogeochemical cycles in the subarctic areas of mixing sea and river water.

For the experiments, the water was sampled in the mixing zone of the Severnaya Dvina River of different salinity (5-20‰). Sampling was conducted during the summer base flow water and spring flood. Experimental work was carried out under identical conditions, in duplicate, within 26-41 days.

For the experiments, we mixed fresh and filtered sterile (0.22 micron) water with different salinity, allowing quantitatively track the biodegradation of estuarine organic matter by bacterioplankton of freshwater habitats and identify to which degree these processes are limited by salinity gradient. Substrates of river water, selected during the spring flood, contain allochthonous organic matter, while the substrates of summer low water theoretically characterized by the dominance of autochthonous organic matter.

The experiment included daily sampling for physical-chemical and microbiological parameters. In the selected samples, we measured pH, optical density at 280 nm, the concentration of dissolved organic and inorganic carbon, trace elements concentrations, and ecological and trophic groups of bacterial (eutrophic and oligotrophic). The results allowed quantifying the dynamics of these parameters during the experiment. Decreasing concentration of dissolved organic carbon in the course of experiment indicates bacterial activity, supported by cell enumeration results. The results confirm the role of active aerobic bacterial heterotrophic plankton in biodegradation of organic substances, in particular dissolved allochthonous organic fraction. Seasonal aspect indicated activation of biodegradation in summer, which is probably due to more favorable temperature conditions and the dominance of autochthonous organic matter, as compared to the period of the spring flood. Salinity was an important constraint of the biodegradation rate. Since a substantial fraction of trace elements is bound to complexes with organic matter quantifying threshold limitation of these processes requires characterizing their speciation and bioavailability.

This work was supported by RFBR (grants 14-05-98815 r_sever_a, 13-05-00890 a, 14-05-31533 mol_a, and 15-05-05000), FASE Russia under the theme № 0410-2014-0030.

БИОДЕСТРУКЦИЯ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И СОПРЯЖЕННЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В УСТЬЕВОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Широкова Л.С.¹, Ершова А.А.¹, Покровский О.С.^{1,2}, Чупаков А.В.¹

¹Институт экологических проблем Севера, УрО РАН, Архангельск, Россия

²Géosciences Environnement Toulouse, Обсерватории Миди-Пиренеи Тулуза, Франция

LShirocova@yandex.ru

Взаимосвязь растворенного органического углерода с гетеротрофным бактериопланктоном служит одним из основных составляющих экологического равновесия экосистемы. Эта связь особенно важна для водных экосистем северных широт, где преобладающую долю в общем органическом веществе составляют конвенционально растворенные (<0,45 мкм) органические вещества РОУ (до 95%). Устьевая зона реки Северная Двина служит представительным объектом для проведения исследований в силу ее изученности, доступности, отсутствия зарегулированности стока и репрезентативности. Экспериментальное моделирование биодеструкции растворенного органического вещества и сопряженных микроэлементов является эффективным методом исследования процессов биогеохимических циклов в зонах смешения речных и морских вод.

Для проведения экспериментов были отобраны пробы воды в зоне смешения реки Северная Двина различной солености (5-20%). Отбор проб проводился в период половодья и летней межени. Экспериментальные работы были проведены в идентичных условиях, в двух повторностях, в течение 26-41 дней.

Для проведения эксперимента смешивали пресную и фильтрованную (0,22 мкм) воду с различными значениями солености, что позволяет количественно отследить биодеструкцию органического вещества бактериопланктоном пресных биотопов и выявить лимитирование данных процессов градиентом солености. Субстраты речной воды, отобранные в период весеннего половодья, содержат аллохтонное органическое вещество, в то время как субстраты летней межени теоретически характеризуются доминированием автохтонного органического вещества.

В ходе эксперимента ежедневно осуществлялся отбор проб для измерения физико-химических и микробиологических параметров. В отобранных образцах измерялись значения рН, оптическая плотность при 280 нм, концентрации растворенного органического и неорганического углерода, микроэлементов, концентраций эколого-трофических групп бактериопланктона (эвтрофного и олиготрофного). Полученные результаты позволили количественно охарактеризовать динамику данных параметров в течение эксперимента. Уменьшение концентраций растворенного органического углерода указывает на активность бактериопланктона, что, в свою очередь, подтверждается количественными результатами посевов. Результаты подтверждают активную роль аэробного гетротрофного бактериопланктона в биодеструкции органического вещества, в частности аллохтонной растворенной органической фракции. Сезонный аспект указывает на активизацию биодеструкции в летний период, что, вероятно, обусловлено, более благоприятными температурными условиями и доминированием органического вещества автохтонного происхождения, по сравнению с периодом весенней межени. Предположительно, соленость является фактором, сдерживающим скорость биодеструкции. Поскольку существенная часть металлов и микроэлементов связана в комплексы с органическим веществом, выявление количественного порога лимитирования данных процессов требует выявления форм нахождения, их стабильности, лабильности, потенциального участия в биологических процессах.

«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Архангельской области регионального конкурса «Север» рамках научного проекта № 14-05-98815 «Особенности комплексного воздействия факторов на трансформацию растворенных веществ в континууме река – море в субарктической зоне на примере устья Северной Двины», 13-05-00890 а, 14-05-31533 мол а, 15-05-05000 а), ФАНО России в рамках темы № 0410-2014-0030 «Природные и антропогенные факторы, контролируемые изменения биотических и абиотических компонентов водных экосистем водосборного бассейна Белого моря».

LAKE ECOSYSTEM EVOLUTION UNDER THE INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS: RESULTS OF MULTIDISCIPLINARY LONG-TERM STUDIES

Shirokova L.S.¹, Vorobieva T.Ya.¹, Zabelina S.A.¹, Klimov S.I.¹, Moreva O.Yu.¹, Pokrovsky O.S.^{1,2}, Chupakov A.V.¹, Makhnovich N.M.³, Gogolitsyn V.A.³, Sobko E.I.¹, Shorina N.V.^{1,4}

¹Institute of Environmental Problems of the North UrB RAS, Arkhangelsk, Russia

²Georesources and Environnement Toulouse, Université Paul Sabatier, Toulouse, France

³The North-Western Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Arkhangelsk, Russia

⁴Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

LShirokova@yandex.ru

There is a growing interest in the carbon cycle of subarctic and arctic regions. It is caused, primarily, by climate change, which is most pronounced in high latitudes, where it leads to increased emissions of greenhouse gases (carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄)) of this potentially enhance the effect of global warming (ACIA, 2004; IPCC, 2007). In this regard, over past decades, a priority for basic became research complex ecosystems study of the northern lakes. In the study of the status and the change of lake ecosystems, in the context of climate change, it is necessary to consider the influence of anthropogenic factors.

In the Arkhangelsk region, there are over 200 thousand lakes. Most of them are located to the west of Onega River, between the middle and upper reaches of the Onega River and the southwestern boundary of the area, dominated by lakes having surface area of ≤ 50 km², conventionally attributed as small lakes.

The greatest stability of the lake ecosystem to external factors is achieved at high fluxes of carbon with external reservoirs, accompanied by high rates of primary production of phytoplankton and mineralization of dissolved and particulate organic matter via heterotrophic bacterial component. Therefore, the most adequate indicators of the change in ecosystem stability are the parameters of the biogeochemical carbon cycle. For ten years we have been studying the status of the Lake Svyatoye, which is a heterogeneous system with varying degrees of human impact on different parts of this area. Assessment of the environmental situation of Lake Svyatoye is particularly relevant at present, because it can serve as a model of water bodies used by the local population in the economic and household purposes, while being isolated from intensive anthropogenic and industrial influence. Such rural facilities dominate in the Nordic countries and Western Europe and will inevitably become a point of "attraction" of population growth provided adequate infrastructure development of the road network in the North-West region of Russia. In the course of many years of complex work, the results obtained on hydrological and hydro-chemical, hydro-biological, ichthyological studies of the lake, allow to describe the current state and functioning of aquatic communities, and the self-purification potential of the ecosystem. The tendencies of distribution of ecosystem components at different time scale allowed accessing (daily dynamics, multi-day observation, the seasonal and interannual variability). Based on a comprehensive analysis of the ecological status of the lake, we performed field experiments to assess the potentially "bioavailable" DOC and to model microbial degradation of autochthonous and allochthonous DOC. The ratio of the contribution of organic and inorganic component in the overall carbon balance varies depending on the season, being is directly supported by the results of measurements of intensity of production-destruction processes. The results of this work show that the trophic status of the water body, its gas exchange with the atmosphere and the exchange of dissolved components with the sediments are largely determined by the concentration of autochthonous and allochthonous DOC.

This work was supported by the RFBR (grants 14-05-98815 r_sever_a, 13-05-00890 a, 14-05-31533 mol_a, and 15-05-05000), FASE Russia under the theme № 0410-2014-0030.

ЭВОЛЮЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА СВЯТОЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ: ИТОГИ КОМПЛЕКСНЫХ ДОЛГОСРОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Широкова Л.С.¹, Воробьева Т.Я.¹, Забелина С.А.¹, Климов С.И.¹, Морева О.Ю.¹,
Покровский О.С.^{1,2}, Чупаков А.В.¹, Махнович Н.М.³, Гоголицын В.А.³, Собко Е.И.¹,
Шорина Н.В.^{1,4}

¹Институт экологических проблем Севера, УрО РАН, г. Архангельск, Россия

²Géosciences Environment Toulouse, Université de Toulouse, Лаборатория георесурсов и окружающей среды, Тулуза, Франция

³Северо-Западное отделение Института океанологии им П.П.Ширшова РАН, г. Архангельск, Россия

⁴Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия
LShirocova@yandex.ru

В настоящее время возрастает интерес к исследованию цикла углерода в Субарктическом и Арктическом регионах, вызванный, в первую очередь, климатическими изменениями, которые наиболее ярко проявляются в северных широтах, что, в конечном итоге, приводит к увеличению эмиссии парниковых газов (двуокиси углерода (CO₂) и метана (CH₄)) из северных экосистем и усилению эффекта глобального потепления (ACIA, 2004; IPCC, 2007). В связи с этим, в последние годы приоритетным направлением становятся комплексные фундаментальные исследования экосистем северных озер. При изучении состояния и изменения экосистем озер, наряду с климатическими изменениями, необходимо учитывать влияние антропогенного фактора.

В Архангельской области насчитывается более 200 тысяч озер. Большая часть их сосредоточена к западу от Онеги, в районе, расположенном между средним и верхним течением Онеги и юго-западной границей области, среди которых доминируют озера с площадью зеркала до 50 км², условно относимые к малым.

Наибольшая стабильность экосистемы озера к внешним воздействиям достигается при высоких потоках обмена углерода с внешними резервуарами, что сопровождается высокими скоростями первичной продукции фитопланктона и минерализации растворенного и взвешенного органического вещества гетеротрофным бактериальным звеном. Поэтому наиболее объективными показателями изменения стабильности экосистемы служат параметры биогеохимического цикла углерода. В течение десяти лет изучалось состояние озера Святое, которое представляет собой гетерогенную систему с различной степенью антропогенного воздействия на участки акватории. Оценка экологической обстановки озера Святое особенно актуальна в настоящее время, поскольку она может служить моделью водоемов, используемых местным населением в хозяйственных и бытовых целях, будучи при этом удаленными от интенсивного техногенного воздействия. Именно такие сельские объекты доминируют в северных странах Западной Европы и будут неизбежно являться точкой «притяжения» прироста населения при адекватном развитии инфраструктуры дорожной сети в Северо-Западном регионе России. В ходе многолетних комплексных работ были получены результаты гидролого-гидрохимических, гидробиологических, ихтиологических исследований озера, охарактеризовано состояние и функционирование сообществ гидробионтов, самоочистительный потенциал экосистемы. Рассмотрены тенденции распределения компонентов экосистемы в различных временных срезах (суточная динамика, многодневные наблюдения, сезонная и межгодовая изменчивость). На основе комплексного обобщения проведен анализ экологического состояния озера, выполнены натурные эксперименты по оценке потенциально «биодоступного» РОУ и микробиологической деструкции автохтонного и аллохтонного РОУ. Соотношение вклада органической и неорганической составляющей в общем балансе углерода варьирует в зависимости от сезона, что напрямую подтверждается результатами измерений интенсивности продукционно-деструкционных процессов. Результаты проведенных работ свидетельствуют, что трофический статус водоема, его газообмен с атмосферой и обмен растворенных компонентов с осадком во многом определяется концентрацией автохтонного и аллохтонного РОУ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 14-05-98815 р_север_а, 13-05-00890 а, 14-05-31533 мол_а, 15-05-05000 а), ФАНО России в рамках темы № 0410-2014-0030 «Природные и антропогенные факторы, контролируемые изменения биотических и абиотических компонентов водных экосистем водосборного бассейна Белого моря».

ISOLATION AND STUDY OF ANTIMICROBIAL COMPOUNDS PRODUCED BY BAIKAL BACTERIA

Shishlyannikova T.A., Fedorova G.A., Kuzmin A.V., Lipko I.A., Parfenova V.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

tatiano@mail.ru

A great range of microorganisms associated with sponges is known to be capable of producing different biologically active compounds which play an important role in the processes of environmental adaptation of symbiotic community as a whole. Compounds having antibiotic activity, with some acting as chemical defence agents, are of particular practical and scientific interest.

Baikalian strains 28Bb and 21A being studied were isolated from Baikalian sponges *Baikalospongia bacillifera* and *Lubomirskia baicalensis*, respectively. Based on morphological, physiological and biochemical features and on the 16S rRNA gene sequence analysis the strain 28Bb-06 was identified as *Pseudomonas fluorescens*. Based on morphological features and the MALDI Biotyper analysis (comparison of protein profile of microorganism colony with the data base of Bruker Daltonics) the 21A strain was ascribed to genus *Streptomyces*. Antimicrobial activity of the microorganism strain isolated is related to the compounds present which suppress (inhibit, depress) the growth of *E. faecium*, *E. faecalis*, *C. albicans* and *B. subtilis*.

For isolating compounds having antimicrobial activity the 28Bb and 21A strain were cultivated on the specially chosen CPI medium producing the greatest antibiotic activity for 2 and 6 days, respectively, at room temperature.

Crude microbial extracts were obtained by triple extraction of cultured broth with ethyl acetate (25% V/V). Extract fractioning was performed using liquid chromatograph "Milichrom A-02" (Russian). Active fractions were found using biotesting to *B. subtilis* as a testculture. Antibiotic compounds were isolated and purified.

An Agilent 1200 chromatographic system (Hewlett Packard, USA) coupled to an Agilent MSD-TOF 6200 (Agilent Technologies, USA) was used to characterize the compounds with antibiotic activity. To obtain structural information the tandem mass-spectrometry (MS/MS) was used, for the 28Bb strain compound Agilent Ion Trap 6330 (Agilent Technologies, USA) was used, for 21A strain compounds the mass spectrometer MALDI TOF/TOF UltrafleXtreme (Bruker Daltonics, Germany) was used.

Mass-spectrometer analysis of the compound produced by 28 Bb strain showed two ions with characteristic ratios m/z 193.054 and 211.077. As a result of fragmentation the identical sets of daughter ions showing that the m/z values obtained belong to hydrotized (210.067) and dehydrotized (192.0439) forms of one and the same compounds were obtained.

The MS² studies for 21A strain compounds showed that active compounds were homologs. The losses of the fragments with m/z 184 are characteristic of all the compounds.

The comparison of experimental data with those published and characteristic mass-spectrometric behavior allowed us to suppose that the 28Bb strain produces 2,4-diacetilfloroglucinol (2,4-DAPG) and 21A strain produces homologous compounds of nactins. The structure was confirmed by IR and NMR spectra.

The 2,4-diacetilfloroglucinol is known to be an antibiotic of a wide range of action and to have antimicrobial, antifungal, antiviral activity and at low concentrations can be a signal compound in microbial interaction. When cultured for 2 days the strain *Pseudomonas fluorescens* 28Bb-06 yielded 33 mg/l of 2,4-DAPG.

Nactins are known to refer to macrotetralides. Macrotetralides exhibit a very wide range of effects, ranging from antimicrobial to insecticidal, acaricidal (miticidal), antiprotozoan (coccidiostatic) and antiparasitic ones. When cultured for 6 days the strain *Streptomyces* 21A yielded 2 mg/l of nactin mix. The nactins produced consisted of nonactin (2.5 %), monactin (17.9 %), dinactin (36.2 %), trinactin (31.1 %), tetranactin (12.3 %).

ВЫДЕЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИМИКРОБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ БАЙКАЛЬСКИХ БАКТЕРИЙ

Шишляникова Т.А., Фёдорова Г.А., Кузьмин А.В., Липко И.А., Парфенова В.В.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

tatiano@mail.ru

Широкий спектр микроорганизмов, ассоциированных с губкой, способен продуцировать разнообразные биологически активные соединения, которые играют важную роль в процессах адаптации симбиотического сообщества в целом. Особый практический и научный интерес представляют соединения с антибиотической активностью, которые часто выступают в качестве агентов химической защиты.

Исследуемые бактериальные штаммы 28Bb-06 и 21A выделены из байкальских губок *Baikalospongia bacillifera* и *Lubomirskia baicalensis*, соответственно. На основании морфологических, физиолого-биохимических признаков и последовательности 16S рРНК штамм 28Bb-06 был идентифицирован как *Pseudomonas fluorescens*. Штамм 21A был отнесен к роду *Streptomyces* на основании морфологических признаков и результатов анализа MALDI Biotyper (сравнение протеинового профиля колонии микроорганизма с базой данных Bruker Daltonics). Антимикробная активность выделенных штаммов микроорганизмов связана с наличием соединений, подавляющих рост *E. faecium*, *E. faecalis*, *C. albicans* и *B. subtilis*.

Для выделения соединений с антимикробной активностью бактериальные штаммы 28Bb и 21A культивировали на специально подобранной среде CP1, обеспечивающей максимальную продукцию антибиотических соединений, в течение 2 и 6 суток, соответственно, при комнатной температуре.

Суммарные микробные экстракты получали трехкратной экстракцией культуральной жидкости этилацетатом (25%, v/v). Фракционирование экстракта проводили с использованием микроколоночного жидкостного хроматографа «Милихром А-02» (Россия). Выявление активных фракций выполняли биотестированием по отношению к *B. subtilis*. Антибиотические соединения были выделены и наработаны в чистом виде.

Для характеристики соединений с антибиотической активностью использовали жидкостной хроматограф Agilent HP 1200 «Hewlett Packard» (США) в сочетании с времяпролётным масс-спектрометром Agilent 6210 «Agilent Technologies» (США). Для получения структурной информации использовали тандемную масс-спектрометрию (МС/МС); для соединения штамма 28Bb - масс-спектрометр Agilent Ion Trap 6330 «Agilent Technologies» (США), для соединений штамма 21A - масс-спектрометр MALDI TOF/TOF UltrafleXtreme (Bruker Daltonics, Германия).

МС-анализ соединения, вырабатываемого штаммом 28Bb, показал наличие двух ионов с характеристичными отношениями m/z : 193.054 и 211.077. В результате фрагментации получены идентичные наборы дочерних ионов, показывающие, что регистрируемые значения m/z принадлежат гидратированной (210.067) и дегидратированной (192.0439) формам одного соединения.

Исследования масс-спектров второго порядка для соединений штамма 21A показали, что активные соединения являются гомологами. Характерным для всех соединений является отщепление фрагмента с m/z 184.

Сравнение экспериментальных данных с литературными и характерное масс-спектрометрическое поведение позволило предположить, что штамм 28Bb вырабатывает 2,4-диацетилфлороглюцин (2,4-ДАФГ), а штамм 21A соединения-гомологи группы нактинов. Структура соединений была подтверждена данными ИК и ЯМР-спектров.

Известно, что 2,4-диацетилфлороглюцин является антибиотиком широкого спектра действия, обладает выраженной антибактериальной, антифунгальной и противовирусной активностью, при низких концентрациях может играть роль сигнального соединения в микробных взаимодействиях. Уровень продукции 2,4-диацетилфлороглюцина штаммом *Pseudomonas fluorescens* 28-Bb при культивировании в течение 2 суток составил 33 мг/л.

Нактины относятся к классу тетрамакролидов. Тетрамакролиды проявляют широкий диапазон активности, от антимикробной до инсектицидной, акарицидной, коцидиостатической и антигельминтной. Уровень продукции нактинов штаммом *Streptomyces* sp. 21A при культивировании в течение 6 суток составил 2мг/л. Состав вырабатываемых нактинов: нонактин (2,5%), монактин (17,9%), динактин (36,2%), тринактин (31,1%), тетрактин (12,3%).

DISTRIBUTION OF FORMS OF IRON IN SMALL LAKES NORTHWEST RUSSIA (ARKHANGELSK REGION)

Shorina N.V.^{1,2}, Chupakov A.V.¹, Vorobyova T.Ya.¹, Kosheleva A.E.²

¹Institute of Environmental Problems of the North UrB RAS Arkhangelsk, Russia

²Severnoy (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

nvshorina@yandex.ru

The main vector for the transfer of the matter in the sub-Arctic regions is surface water. The presence of iron in aquatic systems has a great influence on the migration of phosphorus, manganese, and other major and trace-elements (due to sorption of iron hydroxides and iron-organic complexes). The most convenient objects for studying biogeochemical cycles of nutrients, including iron, are lakes. The lakes of the Arkhangelsk region still remain poorly understood despite their large numbers in the region, the location of the settlements around them and their wide use for economic purposes, both the water bodies and their catchment areas. Small lakes most clearly reflect the zonal, regional and local specific conditions of their formation and global anthropogenic processes taking place in recent years in the environment. Biogeochemical behavior of Fe and its impact on aquatic ecosystems is determined not only

by its general content, but also the forms of its presence in the aquatic environment (Varshal 1979, Linnik 2009). The aim of this work is to study the concentration speciation of iron in small lakes of the Arkhangelsk region, relating to the catchment area of the White Sea, the example of the lakes: Temnoe, Kasozero, Lake Dorozhnoe to the 2009-2013 year.

Selected objects of study are located within 100 km from the city of Arkhangelsk and different physicochemical, morphometric, hydrological parameters, are a group of highly colored water with color from 180° (the lake Kasozero, Lake Dorozhnoe) to 420° (the lake Temnoe), with a pH of weakly acidic to neutral. The paper discusses the characteristics of seasonal, interannual and spatial distribution of iron. In contrast to the previously studied group of lakes and reservoirs Rotkovetskoy, Kenozero National Park, exhibiting low to medium color, the highly colored lakes described in this study shows the predominance of dissolved iron in all hydrological seasons due to high humification of waters. The highest concentrations of iron in waters recorded with the highest color (the lake Temnoe), indicating that the migration of iron in the lake occurs in the form of organic ligands. According to preliminary data, which require further study, among the main form of dissolved iron, Fe (II), bound in complexes with dissolved organic matter (DOM), especially fulvic acids.

This work was supported by RFBR (grants 14-05-98815 r_sever_a, 13-05-00890 a, Programs UB RAS №15-2-5-37и №15-15-5-24), FANO Russia under the theme № 0410-2014-0030 «Nature and anthropogenic factors controlling changes in biotic and abiotic components of aquatic ecosystems catchment area of the White Sea».

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМ ЖЕЛЕЗА В МАЛЫХ ОЗЕРАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Шорина Н.В.^{1,2}, Чупаков А.В.¹, Воробьева Т.Я.¹, Кошелева А.Е.²

¹Институт экологических проблем Севера, УрО РАН, г. Архангельск, Россия

²Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск, Россия
nvshorina@yandex.ru

Основным транспортным субъектом для переноса вещества в субарктических регионах являются поверхностные воды. Присутствие железа в водных экосистемах оказывает большое влияние на миграцию фосфора, марганца и других макро- и микроэлементов (за счет сорбции их гидроксидами железа и железо-органическими комплексами). Наиболее удобными объектами для изучения особенностей круговоротов основных биогенных элементов, в том числе и железа, являются озера. Озера Архангельской области, и в большей степени малые водоемы, до настоящего времени остаются слабо изученными, несмотря на их большую численность в регионе, расположение вокруг них населенных пунктов и использование в хозяйственных целях, как самих водных объектов, так и их водосборов. Воды малых озер наиболее четко отражают зональную, региональную и локальную специфику условий их формирования и те глобальные антропогенные процессы, которые происходят в последнее время в окружающей среде. Биогеохимическое поведение Fe и его воздействие на водные экосистемы определяется не только его общим содержанием, но и формами его нахождения в водной среде (Varshal, 1979; Линник, 2009).

Целью данной работы является изучения содержания и распределения форм железа в разнотипных малых озерах Архангельской области, относящихся к водосборному бассейну Белого моря, на примере оз. Темное, оз. Касозеро, оз. Дорожное за период с 2009-2013 гг. Выбранные объекты исследования расположены в пределах 100 км от г. Архангельска и отличаются по физико-химическим, морфометрическим, гидрологическим параметрам, относятся к группе высоко цветных вод с цветностью от 180° (оз. Касозеро, оз. Дорожное) до 420° (оз. Темное), с pH от слабокислой до нейтральной.

В работе рассмотрены особенности сезонного, межгодового и пространственного распределения железа. В отличие от ранее изученных озер Ротковецкой группы и водоемов Кенозерского национального парка, относящихся к мало- и средне цветным, в представленных высоко цветных озерах показано преобладание растворенных форм железа во все гидрологические сезоны, что связано с гумифицированностью вод, имеющих преимущественно болотное питание. Наибольшие концентрации железа зафиксированы в водах с наибольшей цветностью (оз. Темное), что указывает на миграцию железа в озера в составе органических лигандов.

По предварительным данным, которые требуют дальнейшего изучения, основной преобладающей формой становится железо (II), находящееся в комплексах с растворенным органическим веществом (РОВ), в первую очередь фульвокислотами.

Работа выполнена при поддержке РФФИ «Север» № 14-05-98815, РФФИ № 13-05-00890, Программ УрО РАН №15-2-5-37и №15-15-5-24, темы ФНИР 0410-2014-0030 «Природные и антропогенные факторы, контролирующие изменения биотических и абиотических компонентов водных экосистем водосборного бассейна Белого моря».

INVESTIGATION OF VIABILITY OF MICROORGANISMS IN LONG-TERM STORAGE IN LABORATORY COLLECTIONS

Shtykova Y.R.¹, Belkova N.L.¹, Zhabina T.Y.², Sukhanova E.V.¹, Parfenova V.V.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

tulupova@lin.irk.ru

The laboratory conditions, used for bacterial culture storage, can not match the natural conditions of their habitats, or applied in short-term cultivation during examination. Therefore, the investigation of viability and adaptation of methods for long-term storage of bacterial strains have both scientific and practical interests. Conservation with the maintenance of population and genetic homogeneity of the species becomes an important task, given the high physiological diversity of microorganisms. A well-known peculiarity of the baikalian microorganisms is their adaptation to the oligotrophic and low temperature conditions of the lake. The main aim of the work was to study the viability and metabolic activity of reactivated strains of baikalian microorganisms, their conservation in various ways, and the search for optimal ways to storage in a laboratory collection.

The 67 strains belonged to different taxonomic groups and isolated from the water, sediment and sponges of Lake Baikal in 2002 were analyzed. The strains were stored in the semi-solid medium under sterile paraffin oil. After strain reisolation and investigation their cultural and biochemical properties, they were conserved in four ways: subculturing, under mineral oil (Pokhilenko et al., 2009), freezing in liquid nitrogen (Gibson, Houry, 1986) and dried on paper discs (Gerna, 1983). Comparative analysis of the conservation methods was conducted after 3 and 6 months of storage.

Results of the reisolation showed not only the lack of growth for some strains (25.4%), but the loss (79.0%) or transformation (36.8%) of biochemical properties for the reisolated strains after long-term storage (12 years – 2002-2014). Comparative analysis of the viability of reisolated strains conserved via subculturing, freezing in liquid nitrogen and under mineral oil showed 100% viability after 3 and 6 months of storage and no contamination with foreign microflora. Differences were noted in higher activity of the strains stored during 3 months, which showed 100% viability after one day re-cultivation. Viability of the strains stored during 6 months decreased and consisted after one day re-cultivation 66.7% after subculturing and 75.0% when strains were stored under mineral oil and cryopreservation. The remaining strains were grown after 5 days re-cultivation. A decrease in viability and presence of contamination were found for the strains dried on paper discs after 3 and 6 months of storage. Furthermore, higher viability was revealed for Gram-positive spore-forming strains in comparison with Gram-negative nonspore-forming ones when they were conserved both by subculturing and cryopreservation. Changes in colony morphology for Gram-positive strains, as well as decrease in activity or the transformation of the biochemical properties of the Gram-negative rods have been marked.

Thus, methods tested for microbial culture storage have shown that subculturing and cryopreservation and freezing in liquid nitrogen are effective methods for long-term storage of baikalian microorganisms, allowing keep them for a long time in a viable state with the original physiological and biochemical properties.

This work was supported by grant RFFI No. 14-04-90416.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ В КОЛЛЕКЦИЯХ ЛАБОРАТОРИИ

Штыкова Ю.Р.¹, Белькова Н.Л.¹, Жабина Т.Ю.², Суханова Е.В.¹, Парфенова В.В.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

tulupova@lin.irk.ru

Лабораторные условия, применяемые при хранении бактериальных культур, не могут соответствовать природным условиям их обитания или используемым при кратковременном культивировании для изучения. Поэтому исследование жизнеспособности и адаптация методов для длительного хранения бактериальных культур имеют актуальный научный и практический интерес. Консервация с сохранением популяционной и генетической однородности вида становится важной задачей, учитывая большое физиологическое разнообразие микроорганизмов. Известной особенностью байкальских микроорганизмов является адаптация к олиготрофным и низкотемпературным условиям озера. Целью данной работы стало изучение жизнеспособности и метаболической активности реактивированных штаммов

байкальских микроорганизмов, их консервация различными способами и поиск оптимальных способов хранения в лабораторной коллекции.

В работе проанализировано 67 штаммов различных филогенетических групп, изолированных из воды, донных осадков и губок озера Байкал в 2002 г. Штаммы хранили на полужидкой питательной среде под стерильным вазелиновым маслом. После реизоляции штаммов и исследования их культуральных и биохимических свойств, они были законсервированы 4 способами: субкультивированием, под минеральным маслом (Похиленко и др., 2009), замораживанием в жидком азоте (Gibson, Khoury, 1986) и высушиванием на бумажных дисках (Герна, 1983). Сравнительный анализ методов консервации проводили через 3 и 6 месяцев хранения.

Результаты реизоляции показали, что после длительного хранения (12 лет – 2002-2014 гг.) наблюдается не только отсутствие роста некоторых культур (25,4%), но и утрата (79,0%) или трансформация (36,8%) биохимических свойств реизолированных штаммов. Сравнительный анализ всхожести реизолированных штаммов, законсервированных с помощью субкультивирования, замораживания в жидком азоте и под минеральным маслом, показал 100% всхожесть через 3 и 6 месяцев хранения и отсутствие контаминации посторонней микрофлорой. Различия отмечены в более активном состоянии штаммов, хранившихся 3 мес., для которых наблюдали 100% всхожесть после суток инкубации. Всхожесть штаммов, хранившихся 6 мес. снизилась и составила через сутки инкубирования 66,7% при субкультивировании и 75,0% при хранении под минеральным маслом и криоконсервации. Остальные штаммы выросли на 5 сутки. Отмечено снижение всхожести штаммов, законсервированных на твердых носителях через 3 и 6 месяцев хранения и наличие загрязненных культур. Кроме того, выявлено, что грамположительные штаммы со спорами в отличие от грамотрицательных неспоровых лучше сохраняли свою жизнеспособность и стабильность при субкультивировании и криоконсервации. Отмечены изменения морфологии колоний у грамположительных штаммов со спорами, снижение активности и трансформация биохимических свойств у грамотрицательных палочек.

Таким образом, протестированные методы хранения культур микроорганизмов показали, что для байкальских микроорганизмов эффективными являются криоконсервация и субкультивирование, позволяющие длительно сохранить их в жизнеспособном состоянии с первоначальными физиолого-биохимическими свойствами.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-90416.

EFFECT OF CLIMATIC FACTORS ON FISH PRODUCTIVITY IN LAKE BAIKAL

Smirnov V.V.¹, Smirnova-Zalumi N.S.², Sukhanova L.V.², Blagodetelev A.I.³

¹Baikal Museum of the ISC of SB RAS, Listvyanka, Russia

²Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia

³Vostsibribcenter, Ulan-Ude, Russia

bsmirnov@mail.ru

Peculiarities of structure and dynamics of the Lake Baikal waters (Vereshchagin, 1927, 1936; Rossolimo, 1957; Sherstyankin, 1993; Shimaraev, 1977; Shimaraev et al., 2008), affect the vital functions of hydrobionts. Climate changes influence commercial catches of Baikal omul. Omul productivity depends on such limiting climatic factors, as thermal regime and moisture content in the basin of the lake. Current state and spatial-temporal distribution of populations are analyzed in the context of global and regional climate changes. The mechanisms revealed in the studies attest to the necessity of reconstructing fisheries at Lake Baikal in the nearest and distant future.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ БАЙКАЛА

Смирнов В.В.¹, Смирнова-Залуми Н.С.², Благодетелев А.И.³

¹Байкальский музей ИИЦ СО РАН, Листвянка, Россия

²Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

³«Востсибрыбцентр», Улан-Удэ, Россия

bmsmirnov@mail.ru

В докладе рассматриваются особенности структуры и динамики вод Байкала (Верещагин, 1927, 1936; Россолимо, 1957; Шерстянкин, 1993; Шимараев, 1977; Шимараев и др., 2008), влияющие на жизнедеятельность гидробионтов озера. Обсуждаются вопросы изменений климата в бассейне Байкала и промысловых уловов омуля. Показано влияние на процесс продуцирования таких лимитирующих климатических факторов, как термический режим и влагообеспеченность бассейна озера. Современное состояние и пространственно-временное распределение популяций омуля анализируются с происходящими изменениями глобального и регионального климата. Выявленные закономерности позволили рекомендовать на ближайшую и отдаленную перспективу необходимость реконструкции рыбного хозяйства Байкала.

INFLUENCE OF METACERCARIA (PLATHELMINTHES, TREMATODA: DIPLOSTOMATIDAE) INVASION ON THE ACTIVITY OF DIGESTIVE ENZYMES OF BAIKAL O MUL FRY FISH

Solovyev M.¹, Rusinek O.²

¹Institute of Systematic and Ecology of Animals, SB RAS, Novosibirsk Russia

²Baikal Museum of ISC SB RAS, Lisvyanka, Russia

The influence of different groups of parasites on digestion of vertebrates (including fish) is not well studied that primarily results from complicated sampling and selecting of an appropriate model for such investigations. However, some fresh water fish species show the influence of parasites on certain parameters of digestive system (activity of digestive system, content of protein and glycogen in alimentary canal and liver) (Izvekova et al., 2005; 2006). However, many studies are focused on a certain enzyme or a group of enzymes, corresponding to a certain stage of hydrolysis of food substrate. The present study was focused on the fry fish (yearlings, 0+) *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) with a length of body (L) as 40-50 mm which are grown in Rezun'ka lake of Bolshaya Rechka fish farm before releasing into Lake Baikal. The samples were collected in July, 2013. The intensity and extensiveness of invasion of Diplostomatidae metacercaria in eyes of fry fish omul were determined on the binocular MBS 10 via the compression method. The extracting of digestive enzymes and determination of their activity (total activity of alkaline protease, trypsin, chymotrypsin, alpha amylase, lipase, N-aminopeptidase, maltase, alkaline phosphatase, leucine-alanine peptidase) were done following Gisbert et al. (2008). The concentration of the dissolved protein was determined by Bradford's method (Bradford, 1976). In the present study we analyzed the relation between the intensity of invasion by eye parasites and main digestion stages (intracellular, parietal and cavernous) that provided a more complete view on these processes. So, we have found the correlation between the metacercaria invasion intensity and activity of alkaline phosphatase, aminopeptidase, maltase. At the same time we have not discovered such a correlation for pancreatic enzymes. Such a correlation may suggest the influence of parasites both on hydrolysis of digestive enzymes and absorption of their products. Our data well correlate with the results obtained from studies of fry fish of the Baltic salmon when they suffer an acute form of parasite disease (diplostomosis). Those studies also demonstrate the change in the activity of digestive hydrolases (phosphatase activity) (Konradi-Kondrashov, Vismanis, 1979). Such a correlation between the parasite invasion intensity (that is not directly related to digestive tract disease of fish) and activity of digestive enzymes was earlier reported as well (Kurovskaya, 1984; Solov'ev et al., 2010). The results obtained shed the light both on the influence of eye parasites on digestive processes of Baikal omul fry fish and features of functioning of host-parasite systems as a whole.

The studied were supported by RFBR (N 13-04-00270).

**ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИНВАЗИИ МЕТАЦЕРКАРИЙ
СЕМЕЙСТВА DIPLOSTOMATIDAE
(PLATHELMINTHES, TREMATODA) НА АКТИВНОСТЬ
ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ У МОЛОДИ
БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ**

¹Соловьев М.М., ²Русинек О.Т.

¹Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия

²Байкальский музей ИНЦ СО РАН, пос. Листвянка, Россия

Вопрос влияния различных групп паразитов на процессы пищеварения у позвоночных животных (в том числе и рыб) изучен сравнительно слабо, что в первую очередь связано со сложностью отбора материала и поиском удобной модели для проведения подобных исследований. Однако на некоторых пресноводных видах рыб все же показана возможность влияния паразитов на определенные параметры работы пищеварительной системы (активность пищеварительных ферментов, содержание белка и гликогена в пищеварительном тракте и печени) (Извекова и др., 2005; 2006). Однако в большинстве подобных работ исследуется определенный фермент или группа ферментов, отвечающих за какой-либо этап гидролиза пищевых субстратов. Объектом исследования послужила молодь (сеголетки) байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) с длиной тела (L) 40-50 мм. Рыбы были отловлены в небольшом озере Резунька, в котором рыбоводы Большереченского рыбопроизводного завода подращивают личинку омуля перед выпуском в Байкал. Материалы были собраны в июле 2013 г. Интенсивность и экстенсивность инвазии метацеркарий сем. Diplostomatidae в глазах молоди омуля определялась под биноклем МБС 10, компрессионным методом. Выделение и определение активностей пищеварительных ферментов (общая активность щелочных протеаз, трипсина, химотрипсина, альфа-амилазы, липазы, N-аминопептидазы, мальтазы, щелочной фосфатазы, лейцин-аланин пептидазы) проводили согласно Gisbert et al. (2008). Концентрацию растворенного белка определяли по методу Бредфорд (Bradford, 1976). В нашей работе мы проанализировали связь интенсивности инвазии глазами паразитами с основными этапами пищеварения (внутриклеточное, пристеночное и полостное), что позволило нам получить более целостную картину, происходящих процессов. Так, выявлена корреляционная зависимость ($p < 0,05$) интенсивности инвазии метацеркарий и активности щелочной фосфатазы, аминопептидазы и мальтазы. В тоже время для панкреатических ферментов такой зависимости нами не обнаружена. Подобная зависимость может свидетельствовать о влиянии паразитов, как на процессы гидролиза пищевых субстратов, так и на процессы всасывания их продуктов. Наши данные согласуются с результатами, полученными при исследовании мальков балтийского лосося при острой форме паразитарного заболевания рыб - диплостомоза, где также продемонстрировано изменение в активности пищеварительных гидролаз (фосфатазная активность) (Конради-Кондрашов, Висманис, 1979). Подобная связь интенсивности паразитарной инвазии (на прямую не связанной с поражением пищеварительного тракта рыб) и активностью пищеварительных ферментов сообщалась и ранее (Куровская, 1984; Соловьев и др., 2010). Полученные к настоящему времени результаты позволяют лучше понять, как степень влияния глазных паразитов на пищеварительные процессы у молоди байкальского омуля, так особенности функционирования паразито-хозяйственных систем в целом.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-04-00270.

**RECONSTRUCTION OF GLACIER FLUCTUATION IN THE EAST
SAYAN, BAIKALSKIY AND KODAR RIDGES (EAST SIBERIA,
RUSSIA) DURING THE LAST 210 YEARS BASED ON HIGH-
RESOLUTION GEOCHEMICAL PROXIES FROM PROGLACIAL
LAKE BOTTOM SEDIMENTS**

Stepanova O.G.¹, Trunova V.A.², Zvereva V.V.², Melgunov M.S.³, Fedotov A.P.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia

³Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

sog@lin.irk.ru

The goal of the present work was to reconstruct a glacier response to climate changes during the last 210 years based on high-resolution geochemical proxies inferred from the proglacial lakes of the East Siberia. Records of this period bear critical information on significant climate changes, e.g., the transition from Little Ice Age to the Recent Warming and the beginning of anthropogenically forced global

warming. We have presented results of study of bottom sediments of the proglacial lakes enriched with meltwater of Peretolchin Glacier (the East Sayan Ridge), Chersky Glacier (the Baikalsky Ridge) and glaciers of the Kodar Ridge. Bottom sediments formed from the end of the Little Ice Age to 2013 were investigated with time resolution in year-season, using X-ray fluorescence with synchrotron radiation and inductively coupled plasma mass spectrometry. Depth-age models of the cores were estimated from year laminate layers, using ^{210}Pb and ^{137}Cs chronology. Intense glacier thawing was calculated from the amount of clastic matter supplied by glacier meltwater into proglacial lakes. A high content of some elements was closely associated with clastic material (e.g. Rb, Zr, Nb, Y or Th) in bottom sediments, and most likely these elements affected the intensity of glacier melting. We have defined three periods in significant increase of glacier flow/melting during the last 210 years. The first period (ca. 1800-1890), supply of suspended material by meltwater into Lake Ekhoi (the East Sayan Ridge) and Lake Preobrazhenskoe (the Kodar Ridge), was not intense until 1850 and 1875, respectively. However, the rate of meltwater supply into Lake Izumrudnoe (the Baikalsky Ridge) was high during the Little Ice Age, and it is likely attributed to local moisture from Lake Baikal. The regional glacier water balances were most likely positive during the second period (ca.1890-1940). The third period (ca. 1940- till present) was characterised by moderate melting rate of glaciers located on the Kodar and Baikalsky Ridges, in contrast to Peretolchin Glacier that demonstrated the highest rate of melting and changes in outlines during this period.

This study was supported by FANO Program VIII.76.1.6, RFBR-13-05-00022, RFBR-15-05-10169.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ЛЕДНИКОВ В ВОСТОЧНОМ САЯНЕ, БАЙКАЛЬСКОМ И КОДАРСКОМ ХРЕБТАХ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ, РОССИЯ) ЗА ПОСЛЕДНИЕ 210 ЛЕТ НА ОСНОВЕ РАСШИФРОВКИ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩИХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЛЕТОПИСЕЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ ПРИЛЕДНИКОВЫХ ОЗЕР

Степанова О.Г.¹, Трунова В.А.², Зверева В.В.², Мельгунов М.С.³, Федотов А.П.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

²Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН,
г. Новосибирск Россия

³Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, Россия
sog@lin.irk.ru

Целью настоящей работы является реконструкция ледникового отклика на климатические изменения в течение последних 210 лет, основанных на высоко-разрешающих геохимических летописях, полученных из приледниковых озер ледников Восточной Сибири. Записи этого периода несут важную информацию о существенных изменениях климата, например, переход от Малого ледникового периода к Современному потеплению и началу Глобального антропогенного потепления. Мы представили результаты исследования донных отложений приледниковых озер, обогащенных тальми водами ледника Перетолчина (хребет Восточный Саян), ледника Черского (Байкальский Хребет) и ледников Кодарского Хребта. Донные осадки, сформированные с конца Малого ледникового периода и до 2013 года, исследовались с временным разрешением в год-сезон рентгенофлуоресцентным анализом с использованием синхротронного излучения (РФА-СИ) и масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Глубинно-возрастные модели кернов оценивались из подсчета годовых ламинарных слоев, с контролем ^{210}Pb и ^{137}Cs хронологий. Интенсивность таяния ледников рассчитывалась из количества кластического материала, поставляемого их тальми водами в приледниковые озера. Высокие содержания некоторых элементов (например, Rb, Zr, Nb, Y и Th) близко связаны с интенсивностью поставки кластического материала в приледниковые озера и, по-видимому, описывает интенсивность таяния ледника. Выделяются три периода значительного увеличения поступления ледниковой взвеси в озера в течение последних 210 лет. Первый период (1800-1890 гг.), поставка суспензионного материала тальми водами в оз. Эхой (хребет Восточный Саян) и оз. Преображенское (Кодарский хребет) не была интенсивной до 1850 г. и до 1875 г., соответственно. Однако, скорость поставки тальных вод в оз. Изумрудное (Байкальский хребет) была высокой в течение Малого ледникового периода, и это, скорее всего, связано с распределением влаги с оз. Байкал. Региональный ледниковый водный баланс, вероятнее всего, был положительным в течение второго периода (1890-1940 гг.). Третий период (с 1940 г. и по настоящее время) характеризуется умеренной скоростью таяния ледников, расположенных на Кодарском и Байкальском хребтах, в отличие от Ледника Перетолчина, демонстрирующего наиболее высокую скорость таяния-деградации и изменения его границ в течение этого периода.

INFLUENCE OF A CTENOPHORA ON A BIODIVERSITY OF THE CASPIAN SEA

Stolnikova N.V., Kamakin A.M., Zaytsev V.F.

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

natashka_stolnik@mail.ru

From the moment of detection of invasive species of a ctenophora of *Mnemiopsis leidyi* (Kamakin, 1999) in the Caspian Sea and for the last decade, the continuous studying of features of his biology is conducted: distribution on areas, depending on temperature and salinity of water, body height and fluctuation of its number, etc. In view of intensive development of number of a mnemiopsis, it is necessary to define, more precisely, its influence on trophic levels in a selfcontained ecosystem of the Caspian Sea. Results of researches of a delivery of *Mnemiopsis leidyi* are necessary as for the forecast of development of population of the ctenophora, and for an assessment of a level of development of an ecosystem of the Caspian Sea in general.

Purpose of our research: to define a range of a delivery of invasive species of *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea.

Material for research was built in 2013, during all vegetative period of development of a zooplankton. The area of research covered all three regions of the Caspian Sea: Northern, Average and Southern. Individuals of a ctenophora of *Mnemiopsis leidyi* were selected by a reference hydrobiological technique and 70% were fixed by alcohol. For identification of a range of a delivery of a mnemiopsis, in vitro studied contents of a food lump of GVP. The special attention was paid to qualitative structure and quantity of the found organisms on basic groups.

The analysis of results of research GVP of a invasive species – mnemiopsis showed that a basis of a range of its delivery the zooplankton which part some larval stages the benthos of organisms also are is.

In the spring-summer of 2013 the basis of a food lump was made: Copepoda– 44.5% and their nauplii stages – 18.5%; Cladocera – 7.1%; Cypris and nauplii stages of *Balanus improvisus* – 12.2% and 11.8%. It should be noted that at all stations, in all regions of the Caspian Sea the basis of food was made by copepods.

Qualitative structure of organisms in a food lump of *Mnemiopsis leidyi* the most frequently met from Copepod – *Acartia*; from a Cladocera – representatives of genus: *Evadna*, *Podon*, *Podonevadne*. Frequency of occurrence of other components was less than 1% is caviar and larvae of fishes.

The analysis of literary data also confirms that with installation of a ctenophora in the Caspian Sea the number and a specific variety of a zooplankton was sharply reduced. Materials of long-term researches show that during naturalization of invasive species of *Mnemiopsis leidyi*, in 2000 Youzhny's zooplankton of the Caspian Sea was presented by 22 types, in 2002 it consisted of only 9 types. Besides, zooplankton number from 1999 to 2002 depending on areas fell at 4-10 times. Now the number basis (91%) and biomass (98%) of a zooplankton are defined by only one look - *Acartia sp.*

According to the obtained data it is possible to tell that ctenophora mnemiopsis not only is the food competitor to the fishes eating a zooplankton, creating a press on the number of a fodder zooplankton, but also has immediate impact on fishes, eating caviar and larvae of fishes.

ВЛИЯНИЕ ГРЕБНЕВИКА НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Стольников Н.В., Камакин А.М., Зайцев В.Ф.

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

natashka_stolnik@mail.ru

С момента обнаружения вселенца гребневика *Mnemiopsis leidyi* (Камакин А.М., 1999) в Каспийском море и на протяжении последнего десятилетия, ведется непрерывное изучение особенностей его биологии: распространения по районам, в зависимости от температуры и солености воды, рост и колебание его численности и т.д. Ввиду интенсивного развития численности мнemiопсиса, необходимо определить, более точно, его влияние на трофические уровни в замкнутой экосистеме Каспийского моря. Результаты исследований питания *Mnemiopsis leidyi* необходимы как для прогноза развития популяции самого гребневика, так и для оценки уровня развития экосистемы Каспийского моря в целом.

Цель нашего исследования: определить спектр питания вселенца *Mnemiopsis leidyi* в Каспии.

Материал для исследования был собран в 2013 году, в течение всего вегетационного периода развития зоопланктона. Район исследования охватывал все три района Каспийского моря: Северный, Средний и Южный. Особи гребневика *Mnemiopsis leidy* отбирались по стандартной гидробиологической методике и фиксировались 70% спиртом. Для выявления спектра питания мнемииопсиса, в лабораторных условиях изучали содержимое пищевого комка ГВП. Особое внимание уделяли качественному составу и количеству встречающихся организмов по основным группам.

Анализ результатов исследования ГВП вселенца-мнемииопсиса показал, что основу спектра его питания является зоопланктон, в состав которого так же входят некоторые личиночные стадии бентосных организмов.

Весной-летом 2013 г. основу пищевого комка составляли: веслоногие рачки (*Copepoda*) – 44,5% и их науплиальные стадии – 18,5%; остатки ветвистоусых рачков (*Cladocera*) (7,1%) циприсы и науплиальная стадия *Balanus improvisus* (12,2 и 11,8%). Следует отметить, что на всех станциях, во всех районах Каспийского моря основу пищи составляли копеподы.

Качественный состав организмов в пищевом комке *Mnemiopsis leidy* наиболее часто встречались из копепод – *Acartia*; из клadoцер – представители родов: *Evadna*, *Podon*, *Podonevadne*. Частота встречаемости остальных компонентов была менее 1% – это икра и личинки рыб.

Анализ литературных данных так же подтверждает, что с вселением гребневика в Каспийское море резко сократилась численность и видовое разнообразие зоопланктона. Материалы многолетних исследований показывают, что в период натурализации вселенца *Mnemiopsis leidy*, в 2000 г. зоопланктон Южного Каспия был представлен 22 видами, в 2002 г. он состоял всего из 9-ти видов. Кроме этого, численность зоопланктона с 1999 по 2002 гг. в зависимости от районов упала в 4-10 раз. В настоящее время основу численности (91%) и биомассы (98%) зоопланктона определяет всего один вид – *Acartia sp.*

По полученным данным можно сказать, что гребневик мнемииопсис не только является пищевым конкурентом рыбам-зоопланктофагам, создавая пресс на численность кормового зоопланктона, но и оказывает непосредственное влияние на рыб, поедая икру и личинки рыб.

MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF THE DIATOMS BELONGING TO THE GENUS *PSEUDO-NITZSCHIA* H. PERAGALLO FROM THE NORTHWESTERN SEA OF JAPAN

Stonik I.V.¹, Aizdaicher N.A.¹, Issaeva M.P.²

¹ A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology FEB RAS, Vladivostok, Russia

² G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry FEB RAS, Vladivostok, Russia
innast2004@mail.ru

There is increasing evidence that high intraspecific variability and cryptic and pseudo-cryptic species are widespread in several diatom taxa (Lundholm et al., 2006; Godhe, Harnstrom, 2010 et al.). This is the case with the genus *Pseudo-nitzschia*, which includes certain species responsible for amnesic shellfish poisoning (ASP). Morphogenetic studies of *Pseudo-nitzschia* can reveal the species diversity and the presence of toxic species in the study area. This is the first survey of morphology and molecular characteristics of twelve strains belonging to the genus *Pseudo-nitzschia* isolated from the northwestern Sea of Japan during 2006-2013. Morphological and molecular identification of *Pseudo-nitzschia* strains was performed based on distinctive morphological characteristics (differences in valve and valvocopulae structure and band striae density) and molecular data from nuclear-encoded 5.8S rDNA-ITS2 and LSU (28S rDNA) regions. *P. calliantha* and *P. hasleana* belonging to *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* complex were confidently identified. This is the first report of the occurrence of *P. hasleana* from the Sea of Japan and the seas of Russia. Four strains belonging to *P. pungens* were identified as *P. pungens* var. *pungens* (clade I, Casteleyn et al., 2008; Churro et al., 2009). Three strains belonging to *P. delicatissima* complex were identified as *P. delicatissima* (clade A, Lundholm et al., 2006). Our results confirm previous suggestions concerning cosmopolitan distribution of *P. delicatissima* and *P. pungens* var. *pungens* (Hasle, 2002; Lundholm et al., 2006; Casteleyn et al., 2008).

This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 15-04-05643a).

References

Casteleyn G., Chepurinov V.A., Leliaert F., Mann D.G., Bates S.S., Lundholm N., Rhodes L., Sabbe K., Vyverman W. 2008. *Pseudo-nitzschia pungens* (Bacillariophyceae): a cosmopolitan diatom species? Harmful Algae. 7. 241-257.

Churro C.I., Carreira C.C., Rodrigues F.J., Craveiro S.C., Calado A.J., Casteleyn G., Lundholm N. 2009. Diversity and abundance of potentially toxic *Pseudo-nitzschia* Peragallo in Aveiro coastal lagoon, Portugal and description of a new variety, *P. pungens* var. *aveirensis* var. *nov.* Diatom. Res. 24. 35-62.

Godhe A., Harnstrom K., 2010. Linking the planktonic and benthic habitat: genetic structure of the marine diatom *Skeletonema marinoi*. Mol. Ecol. 19, 4478-4490.

Hasle G.R. 2002. Are most of the domoic acid-producing species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* cosmopolites? Harmful Algae. 1. 137-146.

Lundholm N., Moestrup Ø., Kotaki Y., Hoef-Emden K., Cholin C., Miller P. 2006. Inter- and intraspecific variation of the *Pseudo-nitzschia delicatissima* complex (Bacillariophyceae) illustrated by rRNA probes, morphological data and phylogenetic analyses. Journal of Phycology. 42. 464-481.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ РОДА *PSEUDO-NITZSCHIA* Н. PERAGALLO ИЗ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Стоник И.В.¹, Айздайчер Н.А.¹, Исаева М.П.²

¹ Институт биологии моря имени А.В. Жирмунского ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия

² Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
innast2004@mail.ru

Диатомовые водоросли рода *Pseudo-nitzschia* характеризуются высокой внутривидовой морфологической изменчивостью и присутствием симпатрических криптических и псевдокриптических видов (Lundholm et al., 2006; Godhe, Harnstrom, 2010 и др.). Изучение морфогенетики представителей рода необходимо для точной оценки биоразнообразия и числа токсичных таксонов в исследуемом районе. Впервые изучены морфологические и молекулярно-генетические характеристики 12 клонов *Pseudo-nitzschia*, изолированных из северо-западной части Японского моря в период с 2006 г. по 2013 г. На основе комбинации морфологических признаков (различия в структуре створки и вальвокопулы, плотность штрихов на поясковых ободках) и результатов секвенирования генов ITS 1 и ITS 2, 5.8S рДНК и LSU 28S рДНК были идентифицированы 5 клонов из комплекса *P. pseudodelicatissima*, 4 клон из комплекса *P. pungens* и 3 клон из комплекса *P. delicatissima*. В пределах комплекса *P. pseudodelicatissima* идентифицированы два вида: *P. calliantha* и *P. hasleana*. Вид *P. hasleana* впервые найден нами в Японском море и в морях России. Генотипирование на основе филогенетического подхода позволило идентифицировать изученные клоны, относящиеся к комплексам *P. pungens* и *P. delicatissima*, как *P. pungens* var. *pungens* (клада I, Casteleyn et al., 2008; Churro et al., 2009) и *P. delicatissima* (клада A, Lundholm et al., 2006) соответственно. Полученные данные подтверждают высказанное ранее предположение о космополитическом распространении *P. delicatissima* и *P. pungens* var. *pungens* (Hasle, 2002; Lundholm et al., 2006; Casteleyn et al., 2008).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№15-04-05643а).

Литература

Casteleyn G., Chepurnov V.A., Leliaert F., Mann D.G., Bates S.S., Lundholm N., Rhodes L., Sabbe K., Vyverman W. 2008. *Pseudo-nitzschia pungens* (Bacillariophyceae): a cosmopolitan diatom species? Harmful Algae. 7. 241-257.

Churro C.I., Carreira C.C., Rodrigues F.J., Craveiro S.C., Calado A.J., Casteleyn G., Lundholm N. 2009. Diversity and abundance of potentially toxic *Pseudo-nitzschia* Peragallo in Aveiro coastal lagoon, Portugal and description of a new variety, *P. pungens* var. *aveirensis* var. *nov.* Diatom. Res. 24. 35-62.

Godhe A., Harnstrom K., 2010. Linking the planktonic and benthic habitat: genetic structure of the marine diatom *Skeletonema marinoi*. Mol. Ecol. 19, 4478-4490.

Hasle G.R. 2002. Are most of the domoic acid-producing species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* cosmopolites? Harmful Algae. 1. 137-146.

Lundholm N., Moestrup Ø., Kotaki Y., Hoef-Emden K., Cholin C., Miller P. 2006. Inter- and intraspecific variation of the *Pseudo-nitzschia delicatissima* complex (Bacillariophyceae) illustrated by rRNA probes, morphological data and phylogenetic analyses. Journal of Phycology. 42. 464-481.

БИОТЕХНОЛОГИИ В КУЛЬТИВИРОВАНИИ СИГОВЫХ РЫБ: ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ИССЛЕДОВАНИЮ ЭВОЛЮЦИИ

Суханова Л.В., Смирнова-Залуми Н.С.², Кирильчик С.В.¹, Глызина О.Ю.¹, Сидорова Т.В.¹, Сапожникова Ю.П.¹, Яхненко В.М.¹, Смирнов В.В.², Благодетелев А.И.³

¹Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

²Байкальский музей ИИЦ СО РАН, Листвянка, Россия

³«Востсибрыбцентр», Улан-Удэ, Россия

lsukhanova@yandex.ru

До недавнего времени считалось, что гибридизация не играет конструктивной роли в эволюции животных. Новые генетические данные свидетельствуют о том, что гибридное видообразование, даже без полиплоидии, встречается у животных чаще, чем мы думали. Биологи все чаще находят новые примеры, в которых гибридизация, по-видимому, способствует видообразованию и адаптивной радиации у животных. Существует множество групп животных, в которых в какой-то момент в прошлом происходило смешение. Один из ярких примеров среди рыб - послеледниковые расселения сиговых рыб. В этой группе также были обнаружены убедительные доказательства смешения в прошлом. Наш совместный ITS1 анализ ядерных (рДНК) и митохондриальных (цитохром b мтДНК) является еще одним подтверждением присутствия ретикулярной (сетчатой) эволюции у сиговых рыб на протяжении всей истории их существования. Необходимы дополнительные данные для изучения прямой роли гибридизации в появлении репродуктивно изолированных популяций или ускорении диверсификации. Большой потенциал для таких исследований заключается в экспериментальном создании гибридных генотипов в лаборатории и анализе структуры гибридных геномов и транскриптомов. Цель нашей работы - адаптировать репродуктивные технологии для сиговых рыб (*Coregonus* sp.). Это позволит получать гибриды между популяциями и видами, изолированными в пространстве и времени. Среди них криоконсервация, гормональная стимуляция и содержание в искусственных условиях. Оптимизация этих технологий даст возможность не только изучать механизмы ретикулярной (сетчатой) эволюции, но и будет способствовать сохранению биоразнообразия (маточные стада, криобанк половых продуктов и т. д.) и получать интересные комбинации для промышленной аквакультуры.

MONITORING OF THE CONDITION OF LAKES OF YAKUTSK ON HYDROBIOLOGICAL INDICATORS

Tatarinova A.V.

Academy of Sciences of Republic of Sakha, Republic of Sakha, Russia

aita_bgf@mail.ru

Purpose: studying of specific structure and distribution of a zoobenthos of lakes of Yakutsk in the seasonal aspect. Decrease in negative influence on environment, in particular, surface water – an actual ecological problem of the present. In the conditions of the increasing anthropogenic load of lakes the constant control behind quality of their waters on the basis of which optimization of a condition of water currents, their uses is possible is necessary. The aforesaid initiated search of the optimum parameters of control allowing to estimate objectively influence of local pollution on quality of natural waters. Studying of each certain lake is ineffective as the hydrological mode of such lakes under the influence of local factors can be outzone. Their typification is necessary for representation of geoecological features of small water currents. The most important direction of operation of water resources is in use of water objects as sources of water supply of production and population that often results in variability of quantitative and qualitative characteristics of elements of their water balance, transforming local, regional or interregional water exchange, changing the modes, size of natural moistening of reservoirs and a geoecological situation in their limits.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОЗЕР Г.ЯКУТСКА ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Татаринова А.В.

ГБУ Академия наук Республики Саха, Россия

aita_bgf@mail.ru

Цель: изучение видового состава и распределение зообентоса озер г. Якутска в сезонном аспекте. Снижение негативного влияния на природную среду, в частности, поверхностные воды – актуальная экологическая задача современности. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки на озера необходим постоянный контроль за качеством их вод, на основе которого возможна оптимизация состояния водотоков, их использования. Вышесказанное инициировало поиск оптимальных параметров контроля, позволяющих объективно оценивать влияние локальных загрязнений на качество природных вод (гидробиологический анализ, биоиндикация поверхностных вод, оценка экологического риска).

Изучение каждого отдельного озера малоэффективно, поскольку гидрологический режим таких озер под влиянием местных факторов может быть аazonален. Для представления геоэкологических особенностей малых водотоков необходима их типизация.

Важнейшее направление эксплуатации гидроресурсов заключается в использовании водных объектов как источников водоснабжения производства и населения, что, зачастую, приводит к изменчивости количественных и качественных характеристик элементов их водного баланса, трансформируя местный, региональный или межрегиональный водообмен, изменяя режимы, величину естественного увлажнения водосборов и геоэкологическую обстановку в их пределах.

Проанализировав характеристики качественного и количественного состава зообентоса по каждому озеру, получили следующие данные:

1. Зообентос озер г. Якутска представлен 13 группами донных беспозвоночных животных, относящихся к 3 типам, 5 классам, 11 отрядам, 14 семействам, 13 родам. По числу встреченных особей доминирующее положение занимает тип членистоногие, который представлен взрослыми особями (123) и личинками (200). Из представителей членистоногих были встречены бокоплавцы, пауки-серебрянки, клопы-гладыши, жуки-водолюбы и большое количество личинок стрекоз, поденок, ручейников, львинок, журчалок, мокрец, долгоножек и хирономид. Второе положение занимает тип моллюски, который в основном представлен брюхоногими моллюсками – затворками, прудовиками, катушками (всего 38 особей). Третье положение занимает тип кольчатые черви, который представлен пиявками (35 особей). Что в процентном соотношении составляет 81,6%, тип членистоногие (личинки – 50,5% и взрослые особи – 31,1%), тип моллюски 9,6%, тип кольчатые черви 8,8%.

2. В сезонном аспекте наблюдается рост численности и биомассы с июня по сентябрь – минимальные показатели отмечены в июле, максимальные показатели отмечены в сентябре. Это связано с особенностями жизненного цикла водных беспозвоночных – в июле происходит массовый вылет насекомых, а в сентябре идет процесс подготовки к зиме.

Оценка экологического состояния озер города Якутска по гидробиологическим показателям, а также по степени риска для здоровья населения показала, что, озера, которые расположены далеко от источников бытового загрязнения (органического), имеют богатое видовое разнообразие и высокие количественные показатели, то есть относятся к классу условно чистых водоемов. Соответственно бедные озера с наименьшим количеством представителей зообентоса и низкими количественными показателями являются загрязненными водоемами. Что позволяет сделать общий вывод – практически все озера расположенные в окрестностях города Якутска подвержены сильному антропогенному загрязнению.

WLADIMIR KÖPPEN, ALFRED WEGENER AND MILUTIN MILANKOVITCH, EARLY PIONEERS AND PARTNERS IN PALEOCLIMATE RESEARCH

Thiede J.

Köppen Laboratory, Institute of Earth Science, Saint Petersburg State University, Russia

Alfred Wegener is famous because of his hypothesis on the origin of continents and oceans (Wegener 2005) since 1912. It is less well known that Wegener published, together with his father-in-law and at the same time very close scientific collaborator Wladimir Köppen, an important monographic interpretation on the causal relationships of climate change in the geological past (Köppen and Wegener 1924). Before his death in 1940 at the age of 93, Köppen made additions to their work under the title “Supplements and Corrections”, notifying the printing office that he “urgently needed the proofs because he was dying” (Wegener-Köppen 1955). Only one edition of Köppen and Wegener’s book was printed. Because of its importance in the light of modern climate and paleoclimate research, the Alfred-Wegener-Institute (AWI), Helmholtz Center for Polar and Marine Sciences in Bremerhaven/ Germany together with the original publisher (Gebr. Borntraeger in Berlin) and with the support of a number of learned societies and research institutions in Germany decided to reprint this book (in its original form), and to furnish it with an English translation, in order to make it available to the wide modern international community of climate researchers.

Köppen & Wegener’s book is of principal scientific interest for several reasons:

1. It contains a systematic inventory and description of the sedimentological and paleontological arguments which Wegener used to establish his historic (in a geological sense) climate zones for most of his Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic paleogeographic reconstructions. During the first two decades of the last century Köppen had developed important concepts of the modern global distributions of climate zones. The close cooperation between Wegener and Köppen led to their mutual conviction that these zones could in principle also be deduced from the stratigraphic records of fossil climate indicators.

2. The book critically describes and discusses paleogeographic reconstructions for most of the Phanerozoic periods. Because Köppen was fluent in Russian he was able to draw on information from many less known regions, for example, northern Eurasia.

3. The book then ventures into hypothesizing about climate changes in Earth history. The most important element of this discussion stems from a close collaboration they had established with Milankovitch. He claimed and precisely calculated that the Late Cenozoic climate changes were controlled by systematic variations of some of the parameters controlling the geometry of the earth's orbit around the sun (eccentricity obliquity, precession) generating differences in the insolation. Milankovitch actually allowed them to use his text, calculations and figures.

4. Acceptance of the principles of the Milankovitch frequencies made it possible for the first time early in the last century to establish a precisely defined time scale of Late Cenozoic glacial-interglacial history.

The latter aspect is probably the most important scientific contribution of this book. André Berger (1988, 2012) has revisited this entire complex in modern times. The Milankovitch frequencies of the orbital parameters control insolation; they can be calculated precisely for the past and for the future.

Köppen and Wegener encouraged Milankovitch, a Serbian engineer, to pursue this idea – which he did as prisoner of war during World War I. He had studied in Vienna, had won many good friends in Austria who finally succeeded to get him out of the POW camp. He was then confined to the building of the Hungarian Academy of Sciences in Budapest, where he could work scientifically. He published his calculations extensively many years later (Milankovitch 1941).

Nowadays the orbital parameters originally calculated by Milankovitch can be substantiated by means of time series obtained from deep-sea sediments (Hays et al. 1976) and ice cores (Augustin et al. 2004) for the past. Milankovitch's frequencies can also be quantitatively predicted for the future and are hence a powerful argument when debating future climatic scenarios (Thiede & Tiedemann 1998). Consequently, this reflects an important piece of tradition in the development of our understanding of how climate evolved in the course of time, reaching from Köppen, Wegener and Milankovitch to modern days.

References

Augustin L; Barbante C., Barnes P. R. et al. 2004. Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature*. 429. 623-628.

Berger A. 1988. Milankovitch Theory and Climate. *Rev. Geophys.* 26(4). 624-657.

Berger A. 2012. A brief history of the astronomical theories of paleoclimates. 107-129, in Berger et al. (eds.): *Climate Change*. Springer-Verlag. Wien.

Hays J. D., Imbrie J., Shackleton N. 1976. Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science*. 194(4270). 1121-1132.

Köppen W. 1940: Köppen, W. and A. Wegener: *The Climates of the Geological Past*. Supplements and Corrections by W. Köppen. Publ. Gebr. Borntraeger. Berlin. 38 pp. 6 figs.

Köppen W., Wegener A. 1924: *The Climates of the Geological Past*. Publ. Gebr. Borntraeger. Berlin. 255 pp..

Milankovitch M. 1941. *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*.- Belgrade, Royal Serbian Sciences, Spec. Publ. 132, Sect. Math. Nat. Sci. 33. 633 pp.

Thiede J., Tiedemann R. 1998. Die Alternative: Natürliche Klimaveränderungen. Umkippen zu einer neuen Kaltzeit. 190-196, in : Lozán, J. L.; H. Graßl & P. Hupfer (eds): *Warnsignal Klima. Das Klima des 21. Jahrhunderts*. Wissenschaftliche Auswertungen/ GEO. Hamburg. 464 pp.

Wegener A. 2005. *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. Nachdruck der ersten (1915) und vierten Auflage (1929) mit handschriftlichen Anmerkungen von Alfred Wegener. 481 S. (Gebr. Borntraeger) Stuttgart (Krause, R., G. Schönharting & J. Thiede, eds)

Wegener-Köppen E. 1955. *Wladimir Köppen – ein Gelehrtenleben*. Publ. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m. b. H. Stuttgart, 195 pp.

BENTHIC DIATOM ALGAE IN PLIOCENE DEPOSITS OF TUNKA DEPRESSION

Titova L.A., Rodionova Ye.V., Usol'tseva M.V.
Limnological Institute of RAS SB, Irkutsk, Russia,
usmarina@inbox.ru

Pre-Baikal is the oldest area of continental sedimentation where large units of lacustrine sediments accumulated during Neogen in big depressions (basins) of ancient lakes such as Tunka, Barguzin, Dzhilinda, etc. (Florensov, 1960).

Studies of diatom algae of Neogenic deposits from Tunka Depression are reported by Ye.A. Cheremisinova and G.P. Chernyayeva (Cheremisinova, 1973; Popova et al., 1989), where units of diatoms species for Miocene and Pliocene ages are presented. Studies were done using light microscopy.

Further work done using scanning electron microscopy (SEM) allowed to authors to find out a series of new taxa of planktonic diatoms (Lupikina, Khursevich, 1991; Khursevich, 1994; Likhoshway et al., 1997).

Benthic diatom algae from Tunka Depression were not studied using SEM before.

The purpose of this study was the detail investigation of benthic diatoms in drill core obtained in 2013 in Tunka Depression. Study of samples revealed that diatom valves occurred in depth interval 8-55 m. Their total amount was from 0.2 to 533 millions/g. The main contribution in the deposition carried planktonic species *Aulacoseira* Twaites, *Cyclotella* (Kützing) Brébisson and *Sthepanodiscus* Ehrenberg. Their composition was described previously (Usol'tseva et al., 2015).

The amount of benthic diatoms varied from 0.4 to 237 millions frustules per gram of dry sediment. Maximal values are found out at the depths 19.5 m (55 millions frustules/g), 28-29 m (45-25 millions frustules/g), 38 m (176 millions frustules/g) and 47 m (237 millions frustules/g) where their fraction was from 20 to 98% of total diatoms amount in a sample.

Preliminary analysis of species composition of benthic diatom algae allowed to reveal the following species: *Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki, *Cavinula cocconeiformis* (Gregory ex Greville) D.G.Mann et A.J.Stickle, *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Cocconeis disculus* var. *diminuta* (Pantocsek) Cleve-Euler, *Cyclotella tuncaica* (Niketeeva, Likhoshway et Pomazkina), *Cymbopleura cuspidata* (Kützing) Krammer, *Eucoconeis flexella* (Kützing) Meister, *Eucoconeis laevis* (Østrup) Lange-Bertalot, *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (Kützing) Lange-Bertalot, *Fragilaria capucina* var. *mesolepta* (Rabenhorst), *Gomphonema intricatum* Kützing, *Gomphonema olivaceum* var. *minutissima* F.Hustedt, *Meridion circulare* (Greville) C.Agard, *Navicula cryptocephala* Kützing, *Navicula radiosa* Kützing, *Neidium dubium* (Ehrenberg) Cleve, *Nitzschia fonticola* Grunow, *Pinnularia microstauron biundulata* (Otto Müller) Mayer, *Planothidium calcar* (Cleve) Round et Bukhtiyarova, *Planothidium oestrupii* (A.Cleve) Round et L.Bukhtiyarova, *Stauroneis phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenberg, *Staurosira construens* var. *binodis* (Ehrenberg) P.B.Hamilton, *Staurosirella pinnata* (Ehrb.) Williams et Round, *Stephanodiscus tuncaensis* (Likhoshway et Pomazkina), *Surirella biseriata* Brébisson, *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing and other ones.

Benthic species of the genera *Staurosira* Ehr., *Staurosirella* D.M.Williams et Round, *Tetracyclus* Ralfs, *Planothidium* Round et L. Bukhtiyarova, *Navicula* Bory de St. Vincent, *Gomphonema* Ehr., *Cavinula* D.G.Mann et A.J. Stickle, *Cocconeis* Ehr., *Cymbella* C. Agardh, *Eunotia* Ehr. and other ones occurred practically in the whole core suggesting availability of a wide shallow-water zone in the paleo-water body studied.

Dominance of the same genera is found out while studying Pliocene deposits of Lake Baikal (Kuz'min et al., 2009). It is necessary to continue detailed studies of morphological variability of benthic taxa within modern conceptions of diatoms taxonomy and systematics to obtain more complete pattern of diatoms diversity and functioning in the Baikal Region.

The work is done within budgetary theme of LIN of RAS SB No VI.50.1.3.

БЕНТОСНЫЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ В ПЛИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТУНКИНСКОЙ ВПАДИНЫ

Титова Л.А., Родионова Е.В., Усольцева М.В.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

usmarina@inbox.ru

Прибайкалье является древнейшей областью континентальной седиментации, где в больших депрессиях-котловинах древних озер (Тункинской, Баргузинской, Джилиндинской и др.) за время неогена накопились огромные толщи озерных осадков (Флоренсов, 1960).

Изучению диатомовых водорослей неогеновых отложений Тункинской котловины посвящены работы Е.А. Черемисиновой и Г.П. Черняевой (Черемиссинова, 1973; Попова и др., 1989), где приведены комплексы видов диатомей для миоценового и плиоценового возраста. Исследования проводились с помощью световой микроскопии. Последующие работы, выполненные с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), позволили авторам выделить ряд новых таксонов планктонных диатомей (Лупикина, Хурсевич, 1991; Khursevich, 1994; Лихошвай и др., 1997).

Исследование бентосных диатомовых водорослей Тункинской впадины в СЭМ ранее не проводилось.

Целью данной работы было детальное исследование бентосных диатомовых водорослей в буровом керне полученным нами в 2013 г. в Тункинской впадине. Исследование образцов керна показало, что створки диатомей встречались в интервале глубин 8-55 м. Общее количество их в керне скважины варьировало от 0,2 до 533 млн створок на грамм сухого осадка. Основной вклад в осадконакопление вносили представители планктонных родов *Aulacoseira* Twaites, *Cyclotella*

(Kützing) Brébisson и *Stephanodiscus* Ehrenberg. Их видовой состав описан ранее (Усольцева и др., 2015).

Количество бентосных диатомей варьировало от 0,4 до 237 млн створок на грамм сухого осадка. Максимальные значения отмечены на глубинах 19,5 м (55 млн ств./г), 28-29 м (45-25 млн ств./г), 38 (176 млн ств./г) и 47 м (237 млн ств./г), где на их долю приходилось от 20 до 98% от общего количества диатомей в пробе.

Предварительный анализ видового состава бентосных диатомовых водорослей позволил выявить следующие виды: *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki, *Cavinula cocconeiformis* (Gregory ex Greville) D.G.Mann et A.J.Stickle, *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Cocconeis disculus* var. *diminuta* (Pantocsek) Cleve-Euler, *Cyclotella tuncaica* (Niketeeva, Likhoshway et Pomazkina), *Cymbopleura cuspidata* (Kützing) Krammer, *Eucocconeis flexella* (Kützing) Meister, *Eucocconeis laevis* (Østrup) Lange-Bertalot, *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (Kützing) Lange-Bertalot, *Fragilaria capucina* var. *mesolepta* (Rabenhorst), *Gomphonema intricatum* Kützing, *Gomphonema olivaceum* var. *minutissima* F.Hustedt, *Meridion circulare* (Greville) C.Agard, *Navicula cryptocephala* Kützing, *Navicula radiosa* Kützing, *Neidium dubium* (Ehrenberg) Cleve, *Nitzschia fonticola* Grunow, *Pinnularia microstauron biundulata* (Otto Müller) Mayer, *Planothydium calcar* (Cleve) Round et Bukhtiyarova, *Planothydium oestrupii* (A.Cleve) Round et L.Bukhtiyarova, *Stauroneis phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenberg, *Staurosira construens* var. *binodis* (Ehrenberg) P.B.Hamilton, *Staurosirella pinnata* (Ehrb.) Williams et Round, *Stephanodiscus tuncaensis* (Likhoshway et Pomazkina), *Surirella biseriata* Brébisson, *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing и др.

Бентосные виды родов *Staurosira* Ehr., *Staurosirella* D.M.Williams et Round, *Tetracyclus* Ralfs, *Planothydium* Round et L.Bukhtiyarova, *Navicula* Bory de St. Vincent, *Gomphonema* Ehr., *Cavinula* D.G.Mann et A.J.Stickle, *Cocconeis* Ehr., *Cymbella* C.Agardh, *Eunotia* Ehr. и др. присутствовали практически по всему керну, что свидетельствует о наличии обширной мелководной зоны изученного палеоводоёма.

Доминирование этих же родов отмечено при изучении плиоценовых отложений озера Байкал (Кузьмин и др., 2009). Необходимо продолжить детальные исследования морфологической variability бентосных таксонов в свете современных представлений о таксономии и систематике диатомей для получения более полной картины разнообразия и функционирования диатомовых водорослей Байкальского региона.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы ЛИН СО РАН № VI.50.1.3.

CHEMICAL COMPOSITION AND WATER QUALITY IN THE ANGARA-KICHERA SHOAL IN WINTER

Tomberg I.V., Sorokovikova L.M., Marinaite I.I., Bashenkhaeva N.V., Sezko N.P., Zhuchenko N.A.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
kaktus@lin.irk.ru

The Upper Angara River in its downstream forms a wide boggy delta stretching along the shore of Lake Baikal for 20 km. Three branches of this river run into the lake: Dushkachanskoye Channel (located in the western area of the delta), Central and Dagaraskoye channels.

This study was aimed at analyzing chemical composition of water and its quality in the Angara-Kichera Shoal in winter. Hydrochemical surveys were performed in March of 2012 and 2015. Water was sampled in the shallow area from the surface and at the bottom at 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 7 km off the Upper Angara mouth.

Chemical composition of water in the near-mouth area of the main tributaries of Lake Baikal is dependent on composition and quality of riverine waters. During ice-free period, the near-mouth frontal zone stretches at a distance of 2-4 km from the mouth where the most active mixing of riverine and lacustrine waters occurs in the Angara-Kichera Shoal like in the Selenga River Shoal and Barguzin Bay (Tomberg, 2008). In winter when the water level in the river is low and distribution of water temperature is rather even, colder riverine waters with higher mineralization descend to the bottom layers. Total ions in the Upper Angara River mouth were 102 mg/dm³ in winter of 2012 and 2015. In the surface and near-bottom layers, total ions made up 101 mg/dm³ and 106 mg/dm³, respectively, at a distance of 1 km from the mouth, whilst at a distance of 2 km they decreased and were close to the Baikal values (94-96 mg/dm³). Spatial variability of concentrations of phosphorus, nitrogen and silicon depended on both inflow and distribution of riverine waters and processes occurring in aquatic ecosystems. Concentrations of total phosphorus in the Upper Angara mouth in 2012 was 13 µg P/dm³, and in 2015 they increased up to 26 µg P/dm³. The content of mineral phosphorus decreased from 5 to 3 µg P/dm³, whereas that of organic phosphorus increased from 8 to 23 µg P/dm³. Elevated concentrations of total phosphorus were also recorded in the shoal: in 2012 they ranged between 13 and 18 µg P/dm³, and in 2015 from 14 to 34 µg P/dm³. Increased content of organic substances were also observed in 2015. Significant changes of

mineral nitrogen content were not registered during a year. Silicon content in the shallow area is dependent on dilution of riverine waters, and its concentration in winter is 5 times higher here than in the water of Lake Baikal. The variability of silicon content shows that in winter riverine waters are distributed mainly in the bottom layers. Its concentrations in the water of the Upper Angara mouth were 4.4-5.2 mg Si/dm³, at the bottom at a distance of 1 km 4.4. mg Si/dm³, gradually decreasing to 1.2 mg Si/dm³ at a distance of 7 km, and in the surface layer at a distance of 2 km its content corresponded to that in the lake water. The content of nutrients and organic substances in the water shows that water quality in the Angara-Kichera Shoal corresponds to the category “pure” and “quite pure”. Concentrations of pollutants such as oil products and total content of polycyclic aromatic hydrocarbons varied from 0.007 to 0.018 mg/dm³ and 17 to 55 ng/dm³, respectively. Their concentrations did not exceed maximum permissible levels for aquatic environments of economic significance.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО ВОДЫ НА АКВАТОРИИ АНГАРО-КИЧЕРСКОГО МЕЛКОВОДЬЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

**Томберг И.В., Сороковикова Л.М., Маринайте И.И., Башенхаева Н.В.,
Сезько Н.П., Жученко Н.А.**

ФГБУН Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
kaktus@lin.irk.ru

В нижнем течении р. Верхняя Ангара образует широкую, заболоченную дельту, тянущуюся вдоль берега Байкала почти на 20 км. Впадает река в Северный Байкал тремя рукавами: Душкачанское русло, расположенное в западной части дельты, Среднее и Дагарское русла – в восточной ее части Душкачанское устье является общим и для р. Кичеры.

Цель работы исследовать химический состав и оценить качество воды на акватории Ангаро-Кичерского мелководья в зимний период. Гидрохимические исследования выполнены в марте 2012 и 2015 гг. Пробы воды отбирали на мелководье на расстоянии 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 км от устья Кичерской прорвы с поверхности и у дна.

Химический состав воды в приустьевой области главных притоков Байкала в значительной степени определяется составом и качеством речных вод. В безледный период дальность распространения приустьевой фронтальной зоны, где наблюдается наиболее активное смешивание речных и озерных вод на акватории Ангаро-Кичерского мелководья, как и на Селенгинском мелководье и в Баргузинском заливе происходит на расстоянии 2-4 км от устья [Томберг, 2008]. Зимой в условиях низкого речного стока и достаточно равномерном распределении температуры воды распространение речных вод на мелководье определяется уровнем минерализации, более минерализованные и более холодные речные воды опускаются в придонные слои. Сумма ионов в устье Кичерской прорвы зимой 2012 и 2015 гг. равнялась 102 мг/дм³. В пределах первого километра на мелководье в поверхностном слое она составляла 101, в придонном – 106 мг/дм³, далее 2 км снижалась и была близка такой в Байкале (94-96 мг/дм³). Пространственное изменение концентраций фосфора, азота и кремния зависит как от поступления и распределения речных вод, так и от внутриводоемных процессов. Концентрации общего фосфора в воде Кичерской прорвы в 2012 г. составляли 13 мкг P/дм³, в 2015 г. они увеличились до 26 мкг P/дм³, при этом содержание минерального снизилось с 5 и до 3 мкг P/дм³ соответственно, а органического увеличилось с 8 до 23 мкг P/дм³. На акватории мелководья также отмечено увеличение концентраций общего фосфора - в 2012 г. они колебались в пределах 13-18 мкг P/дм³, в 2015 – 14-34 мкг P/дм³, вызванное повышение его органических соединений. Надо отметить, что в 2015 г. также отмечено повышенное содержание органических веществ. Заметных изменений концентрации минерального азота в межгодовом аспекте не отмечено. Динамика концентраций кремния на акватории мелководья в основном определяется процессом разбавления речных вод, в которых его содержание зимой ~ в 5 раз выше, чем в воде Байкала. По изменению концентраций кремния можно определенно сказать, что речные воды зимой в основном распространяются в придонных слоях. Его концентрации в воде Кичерской прорвы составляли 4,4-5,2 мг Si /дм³, у дна в 1 км – 4.4 мг Si /дм³, снижаясь постепенно до 1,2 мг Si /дм³ в 7 км, в поверхностном слое уже на втором километре его концентрации соответствовали таковым в воде озера. По содержанию биогенных элементов и органических веществ качество воды на акватории Ангаро-Кичерского мелководья соответствует категории «чистая» и «вполне чистая». Концентрации загрязняющих компонентов нефтепродуктов и суммарное содержание полициклических ароматических углеводородов изменялись от 0,007 до 0,018 мг/дм³ и от 17 до 55 нг/дм³ соответственно. Их содержание не превышало ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения.

UNEXPECTEDLY HIGH SPECIES DIVERSITY REVEALED IN AN ENDEMIC GASTROPOD GENUS (*PARAMELANIA*) FROM LAKE TANGANYIKA: THE COMPLEMENTARY ROLE OF OLD AND NEW COLLECTIONS

Todd J.A.¹, Burgon J.D.², Michel E.³

¹Department of Earth Sciences, Natural History Museum, London, UK

²Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine, University of Glasgow, UK

³Department of Life Sciences, Natural History Museum, London, UK
j.todd@nhm.ac.uk

Lake Tanganyika's endemic 'superflock' of cerithioidean snails is perhaps the most diverse (>100 species) and morphologically disparate (18 genera) extant gastropod radiation within Ancient Lakes worldwide. Known generic diversity was discovered early and has grown little over the past century. Until now species diversity has been considered to be well known, excepting the single hyper-diverse genus, *Lavigeria*. One moderately diverse genus, the iconic *Paramelania*, has been known for 130 years and historically has been considered to comprise 2-5 morphologically variable species or 'forms'; but it has long been recognised that the genus is in need of revision. We decided to undertake a detailed re-examination based on the following materials:

- historic collections, 19th and early 20th century, Brussels (RBINS), London (NHM), Tervuren (MRAC) (mostly shells only): 321 lots, 6414 specimens
 - A. Cohen research collection (shells): 69 lots, 1382 specimens
 - E. Michel research collection (shells, EtOH specimens): 87 lots, 529 specimens
 - Our aim was to answer the following questions:
4. Do finely divided shell-based groups (species) coincide with molecular clades based on sequencing COI and 16S gene fragments?
 5. How do the species composition of historic and modern collections using a variety of methods (e.g. dredging, SCUBA) compare over 147 lake-wide collections?
 6. Are within-site collections of living and dead (shell) specimens comparable?

We obtained DNA sequences (16S, COI) from specimens comprising five a priori, finely divided, shell-based species; robust molecular clades proved to be consistent with shell morphology. We used this correspondence to assess species diversity in the three major historic collections comprising shells only, including samples from the currently inaccessible Congo coast. We also re-assessed the two modern research collections (including radulae, opercula), largely from the Tanzanian coast, in the light of insights gained from historic samples.

The combined historic and modern collections comprised over 8395 shells from 147 lake-wide locations, with a marked difference in collection method, maximum depth and substrata between historic and modern collections. Geographic sampling was uneven, historically focused in Congo and Zambia, while modern samples were largely restricted to Burundi and Tanzania. Twenty-one species were separable using shell morphology (16 undescribed) – another two species are found in collections elsewhere. Historic and modern collections showed similar total diversity, 16 and 14 species respectively, but shared only 9 in common. High levels of sympatry were seen. Both wide-ranging species and short-ranged local endemics are present (n=7; undescribed) and evidence exists for extensive range shifts between dead and living populations.

Historic and modern collections give complementary views of diversity and distribution of *Paramelania*, capturing differences in geographic ranges and ecology. Unexpectedly high levels of 'hidden' diversity were found: 21 species, 16 undescribed. The value of fine-scale shell morphology in delimiting species within this genus was revealed here through strong molecular-morphological congruence. Our results emphasise that in systems with high local endemism, historic collections may contain undocumented diversity only revealed in a modern interpretive context. In such cases, species discovery needs to be undertaken on both modern and historical collections to get the most accurate view of biodiversity.

VERTICAL MOVEMENT OF WATER MASSES IN SLOPE AREAS OF SOUTHERN BAIKAL

Troitskaya Ye.S., Shimaraev M.N.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

elena.troitskaya@lin.irk.ru

Vertical mixing in the slope area plays a significant role in water exchange of the water column in the entire Lake Baikal. As a result, it affects considerably biological processes and transport of heat and substance. During direct stratification (late June – early November), vertical movements in the upper water layer (0-150 m) are caused by wind activity (tides) and horizontal circulations of water with upwelling and downwelling. During inverse stratification, vertical water movements are caused by decaying horizontal currents and heterogeneity of the atmospheric pressure field, whereas during homothermy (May-June and November) by free temperature and deep forced convection.

The lower part of the active layers and upper part of the deep layers (~150–700 m) are of special interest. Low values of vertical and horizontal gradients of water temperature T_w (on average, $0.0007^\circ\text{C}/\text{m}$ and $0.003^\circ\text{C}/\text{km}$, respectively) and stability of water masses ($0.05\text{-}0.25 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$; Shimaraev, Granin, 1991) close to inertial one ($0.116 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$) create conditions for generation of internal waves with considerable transfer of water masses. The present work was aimed at studying vertical movements of water masses in intermediate water layers using data from buoy stations located near the north-western shore of Southern Baikal.

Quasi-periodic oscillations with a mean period of 2 weeks were recorded in the intermediate water layer during direct stratification and that of 1 week during the rest of the year. The amplitude of vertical oscillations of the water layer A with certain T_w varied from 10-50 m to 200-400 m. Mean values for other seasons were similar (100-150 m). Average vertical velocity W did not exceed $3\text{-}4 \cdot 10^{-2} \text{ cm}/\text{s}$ during stable stratification and was 1.5-2 times higher during homothermy. It is assumed that such oscillations are caused by Kelvin waves distributed along the perimeter of the southern basin of the lake (~400 km) with average velocity of about 40 cm/s.

Maximal values of A and W were recorded before ice freezing and during a month after ice cover formation. The observations of 2009-2010 showed that the amplitude of oscillations above the underwater slope grew up to 550 m, and the vertical velocity increased up to $10\text{-}30 \cdot 10^{-2} \text{ cm}/\text{s}$, whereas they were not higher than 300 m and $13 \cdot 10^{-2} \text{ cm}/\text{s}$, respectively, at the boundary between the slope area and pelagic zone of Lake Baikal. The S-SE winds prevailed at that time with an average velocity of 3 m/s (maximal velocity 22 m/s) which caused the wind setup near the north-western shore of Southern Baikal.

Hence, weak stratification and close to neutral water stability in the intermediate layers create conditions for generation of wave movements with large amplitude and high values of vertical velocity increasing during autumn homothermy and at the beginning of ice freezing. It was revealed that this phenomenon intensified directly above the underwater slope.

The authors are thankful to the colleagues from the Collaboration “Baikal” and EAWAG for providing data and assistance during joint expeditions.

The work was supported by project VIII.76.1.5, RFBR grant 12-05-00908, RAS Presidium project 23.10 and RFBR grant 13-05-91051.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ВОДНЫХ МАСС В ПРИСКЛОНОВЫХ ОБЛАСТЯХ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

Троицкая Е.С., Шимараев М.Н.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

elena.troitskaya@lin.irk.ru

Процессы вертикального перемешивания в присклоновых областях играют значительную роль в водообмене водной толщи всего озера. Как следствие, они оказывают заметное влияние на перенос тепла и вещества, а также на биологические процессы. В период прямой стратификации (конец июня – начало ноября) вертикальные движения в верхнем слое воды (0-150 м) вызваны ветровой активностью (сгоны-нагоны) и горизонтальной циркуляцией вод, в поле которой происходят апвеллинги и даунвеллинги. В период обратной стратификации причиной вертикального движения вод являются затухающие горизонтальные течения и неоднородности поля атмосферного давления, а в периоды гомотермии (май-июнь, ноябрь) – свободная температурная и глубинная вынужденная конвекции.

Особый интерес представляет нижняя часть деятельного и верхняя часть глубинного слоёв (~150–700 м). Малые значения вертикальных и горизонтальных градиентов температуры воды T_e

(в среднем $0,0007^{\circ}\text{C}/\text{м}$ и $0,003^{\circ}\text{C}/\text{км}$, соответственно), близкая к инерционной ($0,116 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$) устойчивость водных масс ($0,05-0,25 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; Шимараев, Гранин, 1991) создают условия для возникновения внутренних волн со значительным вертикальным перемещением водных масс. Целью нашей работы стало исследование вертикальных движений водных масс в промежуточных слоях воды с помощью данных буйковых станций, расположенных у северо-западного берега Южного Байкала.

В промежуточном слое воды выявлены квазипериодические колебания со средним периодом 2 недели в период прямой стратификации и 1 неделя в остальное время года. Амплитуда вертикальных колебаний слоя воды A с определённой T_6 варьирует в больших пределах от 10-50 м до 200-400 м, средние значения для отдельных сезонов близки и составляют 100-150 м. Средняя вертикальная скорость W не превышает $3-4 \cdot 10^{-2} \text{ см}/\text{с}$ в периоды устойчивой стратификации и возрастает в 1,5-2 раза в периоды гомотермии. Предположительно, такие колебания вызваны волнами Кельвина, распространяющимися по периметру южной котловины ($\sim 400 \text{ км}$) со средней скоростью около $40 \text{ см}/\text{с}$.

Максимальные значения A и W наблюдаются перед ледоставом и в течение месяца после установления ледового покрова. По наблюдениям в 2009–2010 гг. амплитуда колебаний над подводным склоном возрастала, достигая 550 м, а вертикальная скорость повышалась до $10-30 \cdot 10^{-2} \text{ см}/\text{с}$, в то время как на границе присклоновой области и пелагиали Байкала они не превышали 300 м и $13 \cdot 10^{-2} \text{ см}/\text{с}$, соответственно. Наблюдения за ветром показали, что в это время преобладали ветры Ю-ЮВ направлений со средней скоростью 3 м/с (максимальная 22 м/с), которые привели к нагону вод у северо-западного берега Южного Байкала.

Таким образом, слабая стратификация и близкая к нейтральной устойчивость вод промежуточных слоёв создают условия для возникновения волновых движений, характеризующихся большой амплитудой и высокими значениями вертикальной скорости, особенно возрастающих в период осенней гомотермии и начала ледостава. Обнаружено, что это явление усиливается непосредственно над подводным склоном.

Благодарим коллег из коллаборации «Байкал» и EAWAG за предоставленные материалы и помощь в совместных экспедиционных работах.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта госзадания VIII.76.1.5, РФФИ (грант 12–05–00908), проекта Президиума РАН № 23.10 и проекта международной научной кооперации (грант РФФИ 13-05-91051).

TRANSFORMATION OF METHANE HYDRATES AS A POSSIBLE CAUSE OF DEEP WATER RENEWAL IN LAKE BAIKAL (ACCORDING TO THE RESULTS OF NUMERICAL MODELING)

Tsvetova E.A.

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk,
Russia

e.tsvetova@ommgp.sccc.ru

At the end of the twentieth century, large deposits of methane hydrates were discovered at the bottom of Lake Baikal. In this connection, there is a need to address a new class of problems to study physical processes in the hydrate-gas-dissolved gas-water system, taking into account the possible mechanisms of transformation in the specific conditions of the lake.

For qualitative assessment of the behavior of methane in water, the phase diagram is usually drawn. It shows the conditions on pressure and temperature and the phase states in which methane can simultaneously exist. Considering the phase diagram for the lake conditions, you can see that both decomposition and formation of hydrates can happen in the water column (the maximum depth of Lake Baikal is 1637 m). Dissolved and gaseous methane can occur in the whole thickness. There are also specific areas where all three or two phases can attend simultaneously. It is essential that the phase transitions take place under certain conditions, depending on the status of the entire system.

We formulate the problem of modeling the hydrodynamics of heterogeneous system, which includes water and methane. Over time, the system is transformed with phase transitions. All phases are considered as continuous media. The main phase is water, which is regarded as the carrier medium. We calculate the proportion of each phase in each finite volume of the domain. Over time, the proportions change due to hydrodynamic processes and interfacial interactions.

To simulate the hydrodynamics of the lake water as a carrier medium, the author's numerical model in non-hydrostatic approximation is used. It is represented by the system of equations for the three components of the velocity vector, equation for temperature, equation of state and the continuity equation. The Coriolis force, the transport and turbulent diffusion of heat and angular momentum are taken into account in the system of equations. The behavior of methane phases is described by a system of equations

of convection-diffusion-reaction type. It is assumed that the dissolved methane moves with the speed of the carrier medium. The gas and solid phases gain additional speed of the rise due to the buoyancy forces. Thermal effects accounting the latent heat of phase transition are included in the temperature equation. The system of equations is complemented by an appropriate set of boundary and initial conditions.

Since the models contain a large number of parameters and uncertainties associated with specific conditions of the problems and scenarios formulations, the numerical experiments are conducted using different parameterizations of heat and mass transfer in the system.

One such scenario was associated with the modeling of the ring structure, which the astronauts saw on the ice of the Southern part of Lake Baikal in April 2009 [1]. Analysis of the results of numerical experiments involving methane gave us the idea that methane plays the significant role not only in the emergence of the local ring structure near the surface, but it is also involved in the fundamental governing processes in the deep waters.

Numerical experiments allowed us to conclude the following. The rise of gas hydrate and its subsequent transformation can be the cause of ring structures on the ice of Lake Baikal. They also can serve as one of the triggers that start the deep convection and deep water renewal.

This work was supported by the Programs Nos. 18 and 43 of the Presidium of RAS, and by the RFBR project 14-01-00125.

ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТАНГИДРАТОВ - ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА ОБНОВЛЕНИЯ ГЛУБИННЫХ ВОД БАЙКАЛА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ)

Цветова Е.А.

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск, Россия
e.tsvetova@ommgp.sscs.ru

В конце двадцатого века на дне озера Байкал были открыты большие залежи гидратов метана. В связи с этим возникла потребность в рассмотрении нового класса задач гидротермодинамики для изучения физических процессов в системе гидрат-газ-растворенный газ-вода с учетом возможных механизмов трансформации в специфических условиях озера.

Для качественных оценок поведения метана в воде обычно строится фазовая диаграмма, которая показывает, при каких условиях окружающей среды по давлению и температуре и в каких состояниях одновременно может существовать метан. Рассматривая фазовую диаграмму для Байкальских условий, можно увидеть, что в толще вод (максимальная глубина Байкала 1637 м) может происходить как разложение, так и образование гидратов. В газовой фазе и в растворенном виде метан может находиться во всей толще. Имеются также специфические участки, где могут присутствовать и все три и две фазы одновременно. Существенно то, что фазовые переходы осуществляются при определенных условиях, зависящих от текущего состояния всей системы.

Формулируется задача о моделировании гидротермодинамики гетерогенной системы, в состав которой входит вода и метан. С течением времени система трансформируется с учетом фазовых переходов. Все фазы моделируются как сплошные среды. Основная фаза - жидкость, которая рассматривается как несущая среда. В каждом конкретном объеме области моделирования мы рассчитываем доли каждой фазы, которые со временем изменяются под действием гидротермодинамических процессов, а также в результате межфазного взаимодействия.

Для моделирования гидротермодинамики воды в озере, как несущей среды, используется математическая модель в негидростатическом приближении (Цветова, 1999, 2011). Она представлена системой уравнений в частных производных для трех компонентов вектора скорости, уравнения для температуры, уравнения состояния и уравнения неразрывности. В системе уравнений учитываются силы Кориолиса, перенос и турбулентная диффузия тепла и моментов количества движения.

Поведение фаз метана описывается системой уравнений типа конвекции-диффузии-реакции. Предполагается, что растворенный метан движется со скоростью несущей среды, а газовая и твердая фазы получают дополнительные скорости подъема за счет сил плавучести. Термические эффекты, учитывающие скрытую теплоту перехода фаз, включены в уравнение для температуры. Система уравнений дополняется соответствующим набором краевых и начальных условий.

Поскольку модели содержат большое количество параметров и неопределенностей, связанных с конкретными условиями постановки задач и сценариев расчета, численные эксперименты проводятся с использованием различных параметризаций тепло-массообмена в системе.

Один из таких сценариев был связан с моделированием кольцевой структуры, которую увидели космонавты на льду Южного Байкала в апреле 2009 года [1].

Анализ результатов численных экспериментов с участием метана натолкнули нас на мысль, что метан играет существенную роль не только в появлении локальных кольцевых структур вблизи поверхности, но также и участвует в фундаментальных управляющих процессах в глубоких водах.

Выполненные численные эксперименты позволили сделать следующий вывод. Подъем газогидрата и его последующая трансформация могут быть причиной появления кольцевых структур на льду Байкала, а также служить одним из спусковых механизмов, запускающих глубокую конвекцию и обновление глубинных вод.

Работа поддержана Программами №№ 18 и 43 Президиума РАН, а также проектом РФФИ 14-01-00125.

Литература

1. Гранин Н.Г., Козлов В.В., Цветова Е.А., Гнатовский Р.Ю. 2015. Полевые исследования и некоторые результаты численного моделирования кольцевой структуры на льду озера Байкал. ДАН. 461 (3). 343-347.

A MATHEMATICAL MODEL FOR INVESTIGATION OF THE RIVERINE THERMAL BAR IN A DEEP WATER BODY (IN THE CASE OF LAKE BAIKAL)

Tsydenov B.O., Starchenko A.V.

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

tsydenov@math.tsu.ru, starch@math.tsu.ru

In this work, a complex 2.5D mathematical model and a numerical method for simulating the hydrodynamic processes associated with the thermal bar phenomenon in a deep water body are described. The main advantage of the model consists in the consideration of diurnal variability of the heat fluxes and wind stress on the lake surface. Short- and longwave radiation, fluxes of latent and sensible heat, and the wind action at the water-air interface are calculated from the available observation data on air temperature, relative humidity, atmospheric pressure, cloudiness, and wind speed and direction. An unsteady flow is simulated by solving numerically a system of hydrodynamic and thermal convection equations in the Boussinesq approximation with implicit difference schemes of second order in space and time. To calculate the velocity and pressure fields in the model, an original procedure for buoyant flows, SIMPLER (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations with Density correction) has been developed.

The goal of the present work is to numerically simulate the dynamics of the spring riverine thermal bar using the 2.5D non-hydrostatic model which considers daily variation of thermal and wind state of the atmosphere in the area where the Selenga River discharges its waters into Lake Baikal based on the real morphometric, meteorological and hydrochemical conditions.

The Srednyaya arm (Selenga mouth) – Buguldeika cross-section, near the boundary between the southern and central basins of Lake Baikal, was taken for the study. The initial temperature distribution in Lake Baikal corresponds to the real temperature regime in May. The Selenga River flows into the lake at a velocity of 0.015 m/s. This value approximates the average flow velocity at an average annual water discharge in the Selenga of 1000 m³/s. The water mineralization in the lake is 0.096 g/kg, whereas it linearly increases from 0.140 g/kg to 0.150 g/kg in the river. The available atmospheric data from the Baikalsk meteorological station archive from 01.05.2002 to 30.05.2002 (<http://meteo.infospace.ru>) are used.

The numerical modelling has shown that the thermal bar propagation decelerates at night and thermal bar reverse motion (towards the shore) is possible within some particular areas at night due to cooling. The impact of the diurnal variation increases with the distance from the Selenga mouth since at the early stage of thermal bar development, the main source of mechanical energy (river inflow) counterbalances diurnal variations of meteorological parameters. Note that the increasing average value of the total heat flux enhances the overall tendency for thermal bar propagation to the central part of the lake. Therefore, to simulate the thermal bar it is very important to take into account the real weather conditions.

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (No. 5.628.2014/K).

КОМПЛЕКСНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЧНОГО ТЕРМОБАРА В ГЛУБОКОМ ВОДОЁМЕ (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ)

Цыденов Б.О., Старченко А.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия

tsydenov@math.tsu.ru, starch@math.tsu.ru

Работа посвящена описанию комплексной 2.5D математической модели и численного метода для воспроизведения гидродинамических процессов, сопровождающих развитие весеннего термобара в глубоком водоёме. При моделировании термобарареализуются параметризации тепловых потоков на поверхности озера (коротковолновой и длинноволновой радиации, потоков скрытого и чувствительного тепла), которые рассчитываются на основе суточной изменчивости локальных метеорологических параметров. В модели также учитываются ветровое трение, сила Кориолиса, геотермальный прогрев глубинных слоев озера, турбулентность. Моделирование нестационарного течения проводится путём численного решения системы уравнений тепловой конвекции в приближении Буссинеска с использованием неявных разностных схем второго порядка, как по пространству, так и по времени. Для согласования рассчитываемых полей скорости и давления предложена оригинальная процедура для течений с плавучестью, названная SIMPLED (Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations with Density correction).

Целью работы является численное исследование развития весеннего речного термобара помощью разработанной негидростатической 2.5D модели, учитывающей суточную изменчивость термического и ветрового состояния атмосферы, в районе впадения реки Селенги в озеро Байкал на основе реальных морфометрических, метеорологических, гидрохимических условий.

В качестве исследуемой области выбрано поперечное сечение на границе Южного и Среднего Байкала: протока Средняя (устье р. Селенги) – Бугульдейка. Начальное распределение температуры в озере Байкал соответствует реальному термическому режиму водоёма в мае месяце. Река Селенга впадает в озеро со скоростью 0,015 м/с, что определяется средней скоростью стокового течения при среднегодовом расходе воды р. Селенги 1000 м³/с. Минерализация воды в озере составляет 0,096 г/кг, а в реке растёт линейно от 0,140 г/кг до 0,150 г/кг. В качестве локальных метеоданных используется информация из архива погодных условий метеостанции г. Байкальск в период с 01.05.2002 по 30.05.2002 г. (<http://meteo.infospace.ru>).

Результаты расчётов свидетельствуют о том, что в ночное время продвижение термобара замедляется, а на определённых участках вследствие ночного выхолаживания возможно перемещение термобара в обратном направлении (к берегу). С удалением фронта термобара от устья реки Селенги усиливается влияние суточной изменчивости, поскольку на начальном этапе развития термобара основной источник механической энергии (речной поток) нивелирует суточные вариации метеорологических параметров. Также важно отметить, что повышение среднего значения суммарного теплового потока ведёт к усилению общей тенденции продвижения термобара в центральную часть акватории озера. По результатам исследования можно заключить, что суточное изменение локальных погодных условий играет важнейшую роль в формировании динамической картины эволюции термобара в период весеннего прогрева водоёма.

Исследование выполнено в рамках госзадания Минобрнауки России № 5.628.2014/К

LONG-TERM DYNAMICS OF DOMINANT SPECIES IN SPRING DIATOM PLANKTON FROM THE PELAGIC AREA OF LAKE BAIKAL

Usoltseva M.V., Titova L.A., **Popovskaya G.I.**

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
usmarina@inbox.ru

It is known that phytoplankton is very sensitive to any changes of the environment (Grachev, 2002; Berton et al., 2014). The data obtained in recent years show that climate changes have caused increase of air and water temperature worldwide (Houghton et al., 2001), including the Baikal region (Shimaraev et al., 2002; Smith et al., 2005; Walter et al., 2006). To understand how the ecosystem of the deepest lake of the world has reacted to this, it is necessary to analyze species structure and quantitative values of the dominant phytoplankton assemblage from the entire pelagic area of the lake in the long-term aspect.

The present work deals with the long-term dynamics of dominant species of the diatom plankton *Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Simonsen, *Synedra acus* subsp. *radians* (Kützing) Skabitchevsky, *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *Stephanodiscus meyeri* Genkal et Popovskaya and *Nitzschia*

graciliformis Lange-Bertalot et Simonsen emend. Genkal et Popovskaya in different basins of the pelagic area of Lake Baikal in 1964-1984 and 2007-2015.

The question is whether the species composition and quantitative values of the dominant species in the spring diatom plankton have changed in the pelagic area of Lake Baikal recently. The analysis and comparison of long-term data show that the species composition of diatoms in different periods has been constant for 30 years. Sharp inter-annual variations in abundance and biomass (1-2 orders of magnitude) are characteristic of all dominant diatom species as it has been recorded before. In recent years, *Synedra acus* subsp. *radians* was the dominant species in the southern and central basins of the lake, whilst *A. islandica*, *A. baicalensis*, *N. graciliformis* and *St. meyeri* have lost their leading significance. In the northern basin of Lake Baikal, the significance of *A. baicalensis* and *N. graciliformis* increased in comparison with 1964-1984. Further monitoring observations of the Baikal phytoplankton will reveal whether these changes have been caused by natural fluctuations or by hydrometeorological conditions characteristic of the deep Lake Baikal.

The work was supported by the budget project LIN SB RAS VIII.76.1.5.

ДИНАМИКА ДОМИНИРУЮЩИХ ВИДОВ ВЕСЕННЕГО ДИАТОМОВОГО ПЛАНКТОНА ПЕЛАГИАЛИ БАЙКАЛА В МНОГОЛЕТНЕМ АСПЕКТЕ

Усольцева М.В., Титова Л.А., Поповская Г.И.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия,
usmarina@inbox.ru

Известно, что фитопланктон очень чутко реагирует на изменения условий среды (Грачев, 2002; Berton et al., 2014). За последние годы получены сведения о том, что изменение климата привело к повышению температуры воздуха и воды во всем мире (Houghton et al., 2001), в том числе и в Байкальском регионе (Shimaraev et al., 2002; Smith et al., 2005; Walter et al., 2006). Чтобы понять отразилось ли это на экосистеме глубочайшего озера мира, необходим детальный анализ видовой структуры и количественных показателей доминирующего комплекса фитопланктона всей пелагиали озера в многолетнем аспекте.

В данной работе рассматривается многолетняя динамика доминирующих видов диатомового планктона *Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Simonsen, *Synedra acus* subsp. *radians* (Kützing) Skabitchevsky, *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *Stephanodiscus meyeri* Genkal et Popovskaya и *Nitzschia graciliformis* Lange-Bertalot et Simonsen emend. Genkal et Popovskaya в разных котловинах пелагиали озера Байкал в периоды 1964-1984 и 2007-2015 гг.

Изменился ли видовой состав и количественные показатели доминирующих видов весеннего диатомового планктона в пелагиали Байкала в последний период? Анализ и сравнение многолетних данных показали, что видовой состав диатомовых в разновременные периоды стабилен на протяжении 30 лет. Всем доминирующим видам диатомей, как и прежде свойственны резкие межгодовые колебания численности и биомассы (1-2 порядка). В последние годы в южной и средней котловинах озера лидирующее положение занимала *Synedra acus* subsp. *radians*, уменьшилось значение *A. islandica*, *A. baicalensis*, *N. graciliformis* и *St. meyeri*. В северной котловине увеличилась роль *A. baicalensis*, *N. graciliformis* по сравнению с 1964-1984 гг. Обусловлены ли эти изменения природными, естественными колебаниями или гидрометеорологическими условиями присущими глубоководному Байкалу покажут дальнейшие мониторинговые наблюдения над фитопланктоном Байкала.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы ЛИИ СО РАН № VIII.76.1.5.

CULTIVATION OF DIATOMS FROM LAKE BAIKAL

Volokitina N.A., Mikhailov I.S., Zakharova Yu.P.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
nshelest@mail.ru

Diatoms, representatives of phytoplankton, synthesize up to 20% of the global primary production (Nelson et al., 1995). The pelagic area of the world's largest and deepest Lake Baikal is inhabited by diatoms accounting for 13-98% of the spring phytoplankton biomass (Popovskaya et al., 2011). Recently, laboratory cultures of diatoms have been used in sequencing of the whole genome and in studies of mechanisms of silicon transport inside the cell, ultrastructure and morphogenesis of the valve, and algobacterial interaction. The goal of the work was to create a collection of algological pure cultures of diatoms from Lake Baikal.

Phytoplankton was sampled with a Juday net from the depths of 0 to 250 m in the pelagic area of Lake Baikal (Chivyrkuy Bay and Maloye More Strait) in 2010-2014 from board the research vessels *Vereshchagin* and *Academik Koptyug*. Singular cells of diatoms were taken from a drop of the

phytoplankton sample on the slide with a micro-pipette, placed into a 96-well plate with the DM media (Thompson et al. 1988), and cultivated at 2-10°C day and night in the 12:12 hour regime at 9-15 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ (Safonova et al., 2007). The growth of monoclonal cultures was observed for 20 days with an inverted microscope Axiovert 200 (Zeiss, Germany). Survival of monoclonal cultures was 20-60% depending on a diatom species. The culture was grown in the 96-well plate up to the concentration of 200-300 cells in each well. Then the pure cultures were placed into 100-ml flasks with the DM media and cultivated under the same conditions. Scanning electron microscopes Philips SEM 525-M and FEI Company Quanta 200 were used for identification of diatom species.

As a result, the following pure cultures of Baikal planktonic and benthic diatoms were obtained: *Achnanthes affine* (Grunow) Czarnecki, *A. sibiricum* M. Kulikovskiy, H. Lange-Bertalot, A. Witkowski and G. Khursevich, *Asterionella formosa* Hassall, *Encyonema ventricosum* (C. Agardh) Grunow, *Fragilaria capucina* Desmazières, *F. crotonensis* Kitton, *F. vaucheriae* (Kützing) J.B. Petersen, *Nitzschia dissipata* (Kützing) Rabenhorst, *N. fonticola* (Grunow) Grunow, *N. graciliformis* Lange-Bertalot and Simonsen, *Synedra acus subsp. radians* Kützing, an axenic culture of *S. acus subsp. radians* Kützing, *S. ulna* (Nitzsch) Ehrenberg, *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, and *Stephanodiscus meyeri* Genkal and Popovskaya. At present, the collection of diatoms is used for performing investigations focused on molecular-genetic phylogeny, taxonomy, genomics, proteomics, ultrastructure of cells, morphogenesis of siliceous valves, and cell interactions.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Волокитина Н.А., Михайлов И.С., Захарова Ю.Р.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

nshelest@mail.ru

Диатомовые водоросли – представители фитопланктона с кремнистыми клеточными стенками, синтезирующие до 20% глобальной первичной продукции (Nelson et al., 1995). В пелагиали озера Байкал, крупнейшем и самом глубоком пресноводном озере мира, диатомовые водоросли составляют 13-98% биомассы весеннего фитопланктона (Поповская и др., 2011). В последнее время лабораторные культуры диатомей стали объектами исследований, направленных на расшифровку полного генома и механизмов транспорта кремния внутрь клетки, исследование ультраструктуры и морфогенеза створки, альго-бактериальных взаимодействий. Целью работы было создать коллекцию альгологических чистых культур диатомей из озера Байкал.

Пробы фитопланктона были отобраны в 2010-2014 гг. с борта НИС «Верещагин» и «Академик Коптюг» сетью Джели с глубин 0-250 м в пелагиали озера Байкал, в Чивыркуйском заливе и проливе Малое море. Единичные клетки диатомовых водорослей отбирали из капли пробы фитопланктона на предметном стекле с помощью микропипетки и инвертированного микроскопа Axiovert 200 (Zeiss, Germany) и помещали в ячейки 96-луночных планшетов со средой DM (Thompson et al. 1988) и культивировали при 2-10°C в режиме 12:12 ч день:ночь с освещенностью 9-15 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ (Safonova et al., 2007). За ростом моноклональных культур наблюдали с помощью инвертированного микроскопа ежедневно в течение 20 дней, выживаемость моноклонов составляла 20-60% в зависимости от вида диатомей. Рост культуры поддерживали в 96-луночном планшете до концентрации 200-300 клеток в одной лунке, затем чистые культуры переносили в 100 мл колбы Эрленмейера со средой DM и культивировали в аналогичных условиях. Для определения видов диатомей использовали сканирующую электронную микроскопию (Philips SEM 525-M и FEI Company Quanta 200).

В результате получены чистые культуры планктонных и бентосных диатомей из озера Байкал: *Achnanthes affine* (Grunow) Czarnecki, *A. sibiricum* M. Kulikovskiy, H. Lange-Bertalot, A. Witkowski and G. Khursevich, *Asterionella formosa* Hassall, *Encyonema ventricosum* (C. Agardh) Grunow, *Fragilaria capucina* Desmazières, *F. crotonensis* Kitton, *F. vaucheriae* (Kützing) J.B. Petersen, *Nitzschia dissipata* (Kützing) Rabenhorst, *N. fonticola* (Grunow) Grunow, *N. graciliformis* Lange-Bertalot and Simonsen, *Synedra acus subsp. radians* Kützing, аксеничная культура *S. acus subsp. radians* Kützing, *S. ulna* (Nitzsch) Ehrenberg, *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *Stephanodiscus meyeri* Genkal and Popovskaya. В настоящее время на базе коллекции диатомовых водорослей исследования проводятся по направлениям: молекулярно-генетическая филогения и таксономия, геномика, протеомика, ультраструктура клетки и морфогенез кремнистых створок диатомей, межклеточные взаимодействия.

PECULIARITIES IN THE STRUCTURE OF BLOOD CELLS OF CULTURED FISHES FROM LAKE BAIKAL UNDER PHENOL EFFECT

**Yakhnenko V.M., Klimenkov I.V., Sudakov N.P., Belyshenko A.Yu.,
Sukhanova L.V., Glyzina O.Yu., Sapozhnikova Yu.P.**
Limnological Institute RAS SB, Irkutsk, Russia
vera@lin.irk.ru

Coregonids fishery implies observation of optimal condition of fishes maintenance and study of responses of their organs and systems to change of conditions or to impact of anthropogenic factors. Blood system of the fishes is affected by well-expressed functional disorders and by pathological changes in blood cells at such impact. Anthropogenic phenol incomes in water in amounts considerably exceeding the content of phenol generated by animals and plants metabolism. Phenol impact modifies composition and structure of blood cells and of blood-forming organs in Baikalian fishes under natural conditions (Yakhnenko et al., 2010, 2012, 2013). Our task was to study phenol impact onto composition and structure of blood cells of cultured fishes. Study objects were omul and lacustrine whitefish (5 specimens of each) and a hybrid (Syberian whitefish x omul) – 7 specimens contained in the aquariums of Freshwater Aquarial Facility of the Limnological Institute of RAS SB. All fishes were aged 1+, they were maintained during 24 hours in water with added crystalline phenol (C₆H₅OH; purity 99%; Sigma-Aldrich, Germany) with concentration 3 mg/l. For control, we used respective species of coregonids 7 specimens of each from aquariums with phenol free water.

During first 24 hours of impact, we did not reveal in the compositions of red blood cells any certain changes such as relation of normocytes to erythroblast. However, in imprints of frontal kidney the percentage of erythroblasts in lacustrine whitefish (control) was 71.4±3.8%, in the experiment – 25.6±0.8%. In peripheral blood of this fishes, the nuclei were destroyed in 1% of erythrocytes. We revealed in the peripheral blood of the studied fishes an apparent increase of cells responsible for primary immune reaction: monocytes and neutrophils. In omul: experiment – 77.8±3.8%, control – 15.6±0.3%; in whitefish: 60.3±3.3% and 31.8±2.05%, respectively; in hybrids: 41.5±5.4% and 35.5±3.5%, respectively.

We revealed in omuls and hybrids impacted by the toxicant increase of nucleus size and of nuclear-cytoplasmatic relations (NCR), decrease of cell size and of numeric excentricity (E) determining erythrocytes shape. In lacustrine whitefishes cytometric proxies changed non- considerably. Confocal microscopy revealed decrease of the amount of functionally active mitochondrions in the erythrocytes of experimental fishes. Electronic microscopy revealed mitochondrions destruction.

Thus, toxicant impact resulted in morphological changes in cells and to change in their functions. Degenerative changes in mitochondrions structure, change in erythrocytes shape, decrease of cell size are due to inhibition of erythrocytes respiratory function.

The work is supported by Integration Program of RAS SB No 6 «Vivaria, collections of cells cultures, unique bacterial strains, microorganisms, herbaria» and by RFBR grant No 140401242 «Studies of hereditary adaptations of coregonids sympatric populations using molecular-genetic, biochemical and behavioral markers».

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ КЛЕТОК КРОВИ ИСКУССТВЕННО ВЫРАЩЕННЫХ СИГОВЫХ РЫБ ОЗЕРА БАЙКАЛ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФЕНОЛА

**Яхненко В.М., Клименков И.В., Судаков Н.П., Бельшенко А.Ю.,
Суханова Л.В., Глызина О.Ю., Сапожникова Ю.П.**
Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
vera@lin.irk.ru

Искусственное выращивание сиговых рыб предполагает соблюдение оптимальных условий содержания рыб и изучение ответных реакций органов и систем на изменения условий или воздействия антропогенных факторов. Система крови рыб подвержена выраженным функциональным расстройствам и патологическим изменениям клеток крови при подобного рода воздействиях. Фенол антропогенного происхождения поступает в воду в количествах, значительно превышающих фенол, являющийся продуктом метаболизма живых организмов и растений. При воздействии фенола изменяется состав и структура клеток крови и кроветворных органов байкальских рыб в природных условиях (Yakhnenko et al., 2010, 2012, 2013). Задачей исследования было изучение влияния фенола на состав и структуру клеток крови искусственно выращиваемых рыб. Объекты исследования: омуль и сиг озерный (по 5 экз), и гибрид (пыжьян x омуль) – 7 экз., содержащиеся в аквариумах Пресноводного Аквариального Комплекса Лимнологического института СО РАН. Все рыбы были в возрасте 1+, выдерживались 1 сутки в воде, в которую был

добавлен кристаллический фенол (C_6H_5OH ; purity 99%; Sigma-Aldrich, Germany) в концентрации 3 мг/л. В качестве контрольных использовались соответствующие виды сиговых рыб по 7 экз. из аквариумов с водой без добавления фенола.

В первые сутки воздействия токсиканта в составе клеток красной крови не выявлены достоверные изменения в соотношении зрелые эритроциты – эритробласты. Однако в отпечатках передней почки процентное содержание эритробластов у озерного сига (контроль) составило $71,4 \pm 3,8\%$, в эксперименте – $25,6 \pm 0,8\%$. В периферической крови этих рыб у 1% эритроцитов ядра были разрушены. В периферической крови исследованных рыб выявлено достоверное увеличение клеток, отвечающих за первичный иммунный ответ: моноцитов и нейтрофилов. У омуля: эксперимент – $77,8 \pm 3,8\%$, контроль – $15,6 \pm 0,3\%$; у сига: $60,3 \pm 3,3\%$ и $31,8 \pm 2,05\%$, соответственно; у гибридов – $41,5 \pm 5,4\%$ и $35,5 \pm 3,5\%$, соответственно.

У омулей и гибридов, подвергшихся воздействию токсиканта, выявлено увеличение размеров ядра и ядерно-цитоплазматических отношений (NCR), уменьшение размеров клетки и числовой эксцентricности (E), определяющей форму эритроцитов. У озерных сигов цитометрические показатели эритроцитов изменились незначительно. Исследования на конфокальном микроскопе выявили уменьшение количества функционально активных митохондрий в эритроцитах экспериментальных рыб. Электронномикроскопические исследования выявили разрушенные митохондрии.

Таким образом, при воздействии токсиканта произошли морфологические изменения клеток крови и митохондрий, что привело к изменению их функций. Дегенеративные изменения структуры митохондрий, изменение формы эритроцитов, уменьшение размеров клетки связаны с угнетением дыхательной функции эритроцитов.

Работа выполнена при поддержке интеграционной программы СО РАН № 6 «Виварии, коллекции клеточных культур, уникальных штаммов бактерий, микроорганизмов, коллекции растений» и гранта РФФИ № 140401242 «Изучение наследственно обусловленных адаптаций симпатрических популяций сиговых рыб с использованием молекулярно-генетических, биохимических и поведенческих маркеров».

HYDROBIONT'S CONTRIBUTION IN A STREAM OF ORGANIC MATTER IN LIMNOLOGICAL SYSTEMS IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

Yermolaeva N.I.¹, Zarubina E.Yu.¹, Strakhovenko V.D.², Romanov R.E.³

¹ Institute for Water and Environmental Problems SSB RAS, Novosibirsk, Russia

² Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

³ Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

hope@iwep.nsc.ru

Streams of organic material, especially biogenic migration of elements, are the basis of the aquatic ecosystems functioning. The existing at present time models for assess the processes of accumulation of organic matter (OM) are designed for deep stratified lakes. But the same models for small lakes and shallow lowland reservoirs with seasonal regulation of the level do not exist. In this paper we evaluated the contribution of different groups of aquatic life in sedimentation of OM into bottom sediments (BS) in the 24 small lakes in the south of Western Siberia and the Novosibirsk reservoir. Examination was made using sediment traps. The works were carried out in 2012-2014. Samples of water for hydrochemical analysis were taken simultaneously with hydrobiological samples. Contribution of aquatic organisms in sediment flow was estimated on a dry basis.

For the studied lake ecosystems phytoplankton growth is limited by phosphorus that enters the waters with surface runoff from the substratum. The ratio of carbon, nitrogen and phosphorus in phytoplankton on average equal to 106:16:1. During research on most lakes observed mass development of blue-green algae, which leads to the enrichment of nitrogen compounds, as there is a mechanism in Cyanophyceae on binding molecular nitrogen from atmosphere. Contribution of phytoplankton in sediment flow amounted to 0.003-0.500 g/m²·day. Development of large filter Cladocera contributed to precipitation of phosphorus, since Cladocera pellets contain a lot of undigested cells of diatoms and blue-green algae, which are actively concentrated phosphorus, translating it into poorly soluble phosphates. High production of Copepoda (both predatory forms and detritus-eaters) leads to a higher percentage of organic nitrogen (N_{org}) and organic carbon (OC) in the bottom sediments since Copepoda are metabolized pellet material enriched of ammonium nitrogen and organic carbon. Contribution of zooplankton in the dying biotic sedimentation was 0.19-4.22 g/m²·day, pellet flow – 0.19-2.34 g/m²·day. The highest content of C_{org} and N_{org} was observed in the bottom sediments of lakes with float macrophytic islands, with massive tracts of macrophytes with the dominance of submersed and emergent vegetation, which produced during the growing season C_{org} from 147.2 to 449.6 g/m² air-dry weight. Contribution of

macrophytes in sediment flow amounted to 3.8-9.9 g/m²·day (during the growing season is 90 days on average, the littoral area). The flow of autochthonous OM was 2.6 % on the total mass of sediment flow in lakes with high intake of mineral suspension from the catchment area and to 70.5 % in lakes with autochthonous type of accumulation. The remaining components of the mass balance the deposit of earlier development detritus and flows of matter from the catchment area.

In Novosibirsk reservoir in the pelagic autochthonous OM is formed mainly by phytoplankton and zooplankton. The contribution of zooplankton in the dying biotic sedimentation in the reservoir was significantly lower than in the lakes due to the dominance of the large long-lived forms, and in 2014 amounted to 0.21-0.44 g/m²·day. And the quantity of pellet sediment flow was 3.49-9.96 g/m²·day. The daily contribution of zooplankton in the sediment flow in June was 86,4-99,9 %, in August – 21.5-51.4 %. The rest of the autochthonous sedimentation occurs due to Cyanophyceae.

Thus, the main sources of OM in limnetic waters south of Western Siberia are autochthonous at the expense of plankton and macrophytes. In lakes and plankton is dominated macrophyte and plankton-macrophyte genesis of OM, whereas in reservoir – plankton.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project no. № 13-05-00937 and by Integration Project SB RAS № 125

ВКЛАД ГИДРОБИОНТОВ В ПОТОКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЛИМНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ермолаева Н.И.¹, Зарубина Е.Ю.¹, Страховенко В.Д.², Романов Р.Е.³

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Новосибирск, Россия

²Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия
hope@iwer.nsc.ru

Потоки вещества, особенно биогенная миграция элементов, являются основой функционирования водных экосистем. Существующие модели для оценки процессов накопления органического вещества (ОВ) разработаны для глубоких стратифицированных озер. Для малых озер и неглубоких равнинных водохранилищ с сезонным регулированием уровня таких моделей не существует. В данной работе оценивается вклад различных групп гидробионтов в биотическую седиментацию ОВ в донные отложения (ДО) 24 малых озер юга Западной Сибири и Новосибирского водохранилища, выполненный с помощью седиментационных ловушек. Работы были проведены в 2012-2014 гг., параллельно исследовался химический состав воды и ДО. Вклад гидробионтов в седиментационный поток оценен на сухое вещество.

Для изученных озерных экосистем развитие фитопланктона лимитировано фосфором, который поступает в водоемы с поверхностным стоком и из подстилающих пород. Соотношение атомов углерода, азота и фосфора в фитопланктоне равно в среднем 106:16:1. В период исследований на большинстве озер отмечено массовое развитие сине-зеленых водорослей, что приводит к обогащению ДО соединениями азота, поскольку у цианобактерий существует механизм связывания молекулярного азота атмосферы. Вклад фитопланктона в седиментационный поток составил 0,003-0,500 г/м²·сут. Развитие крупных фильтрующих Cladocera способствует осаждению фосфора, т.к. пеллеты Cladocera содержат много не переваренных клеток диатомовых и сине-зеленых водорослей, которые активно концентрируют фосфор, переводя его в малорастворимые фосфаты. Высокая продукция Copepoda (как хищных форм, так и детритофагов) приводит к повышенному процентному содержанию органического азота (N_{орг.}) и органического углерода (C_{орг.}) в донных осадках, поскольку Copepoda в процессе метаболизма обогащают пеллетный материал аммонийным азотом и C_{орг.} Вклад отмирающего зоопланктона в биотическую седиментацию составил 0,19-4,22 г/м²·сут., пеллетного потока – 0,19-2,34 г/м²·сут. Наибольшее содержание C_{орг.} и N_{орг.} отмечено в донных отложениях озер со сплавиным и массивно-зарослевым типами зарастания макрофитами и доминированием воздушно-водных и погруженных растений, которые продуцировали за вегетационный сезон C_{орг.} от 147,2 до 449,6 г/м² в воздушно-сухом весе. Вклад макрофитов в седиментационный поток составил 3,8-9,9 г/м²·сут (за вегетационный сезон 90 дней в среднем на площадь литорали). Поток автохтонного ОВ составлял от 2,6 % от общей массы седиментационного потока в озерах с высоким поступлением минеральной взвеси с водосбора и до 70,5% в озерах с автохтонным типом накопления. Остальные составляющие баланса – перезахоронение детрита и потоки вещества с водосбора.

В Новосибирском водохранилище в пелагиали автохтонное ОВ образуется, преимущественно, фито- и зоопланктоном. Величина вклада отмирающего зоопланктона в биотическую седиментацию в водохранилище был значительно ниже за счет доминирования

крупных долгоживущих форм и в 2014 г. составил 0,21-0,44 г/м²-сут., а величина пеллетного седиментационного потока – 3,49-9,96 г/м²-сут. Суточный вклад зоопланктона в седиментационный поток в июне составлял 86,4-99,9%, в августе – 21,5-51,4%. Остальная часть автохтонного осадконакопления происходила за счет цианопрокариот.

Таким образом, основными источниками ОБ в лимнических водоемах юга Западной Сибири являются автохтонные поступления за счет планктона и макрофитов. В озерах преобладает макрофитный и планктонно-макрофитный генезис автохтонного ОБ, в водохранилище – планктонный.

Работа проведена при поддержке ИП СО РАН № 125 и гранта РФФИ № 13-05-00937.

DIURNAL DYNAMIC OF SURFACE OZONE AND SMALL GASEOUS IMPURITIES NEAR THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL

Zayakhanov A.S., Zhamsueva G.S., Tsydypov V.V., Balzhanov T.S.

Institute of Physical Materials of Science SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Lrf@ipms.bsnet.ru

The paper presents the results of expedition investigation of diurnal dynamic of ozone, nitrogen oxides, sulfur dioxide near the coastal zone of Lake Baikal. The measurements were carried out in August 2013-2014 on the south-east coast of Lake Baikal using of 30 m meteorological mast on two levels: 2 and 20 m. Simultaneously on these levels meteorological and turbulent parameters of atmosphere were carried out using acoustic meteorological complexes “АМК-03” and “EXMETEO”. Observations allowed to study the influence of thermal stratification on ozone content and others of small gaseous impurities

Features of the altitude distribution of ozone and other small gaseous impurities are revealed. Important role of breeze circulations in diurnal variations of ozone are noted. The breeze circulations influence on transport and distribution of atmospheric impurities in Baikal region. Experimentally shown significant influence of temperature inversions, turbulence characteristics in the conditions of transformation, transport and destruction of surface ozone.

An anomalously high concentrations of surface ozone were found out that were not previously observed in the Baikal region.

It was found that the cause of anomalously high concentrations of ozone are forest fires, which covered the southern and western part of Eastern Siberia and the forest-tundra in Yakutia.

This work was performed with the support of Russian Foundation for Basic Research (grant № 15-45-04027-r_sibir_a) and Multidisciplinary Integrate Project № 8.

СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ОЗОНА И ДРУГИХ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ ПРИМЕСЕЙ ВБЛИЗИ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Заяханов А.С., Жамсуева Г.С., Цыдыпов В.В., Бальжанов Т.С.

Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6

Lrf@ipms.bsnet.ru

В данной работе анализируются результаты экспериментальных исследований суточной динамики приземного озона, окислов азота, диоксида серы вблизи береговой зоны оз. Байкал. Для изучения влияния термической стратификации атмосферы на содержание озона и других газовых примесей проведены специальные измерения их концентраций с использованием 30-метровой высотной мачты на юго-восточном побережье оз. Байкал (ст. Боярск) в августе 2013-2014 гг. на двух высотах: 2 и 20 м над уровнем земли. Одновременно на этих же высотах проводились измерения метеорологических и турбулентных параметров с помощью акустических метеокомплексов АМК-03, «ЭКСМЕТЕО».

Выявлены особенности высотного распределения озона и его суточной изменчивости вблизи береговой зоны оз. Байкал. Показана важная роль в суточных вариациях озона и в его высотном распределении бризовых циркуляций вблизи береговой зоны оз. Байкал, которые в значительной степени влияют на перенос и рассеяние атмосферных примесей в регионе. Отмечены некоторые особенности структуры и динамики метеорологических процессов в приземном слое атмосферы в береговой зоне оз. Байкал, влияющих на высотный профиль ПКО и его суточные вариации. Экспериментально показано существенное влияние температурных инверсий, турбулентных характеристик на условия трансформации, переноса и разрушения приземного озона. Обнаружены anomalously высокие концентрации приземного озона, ранее не наблюдавшиеся в регионе оз. Байкал. Установлено, что причиной anomalously высоких концентраций озона являются лесные пожары, которыми были охвачены южная и западная часть Восточной Сибири и лесотундровые территории Якутии.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 15-45-04027-p_сибирь_a), междисциплинарного проекта СО РАН № 8.

THE POPULATION STRUCTURE OF THE TWO SPECIES OF *EPISCHURA* GENUS (COPEPODA, CALANOIDA)

Zaidikov I.Yu.¹, Sukhanova L.V.¹, Naumova E.Yu.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
igorrock11@gmail.com

Information on dissemination species of *Epischura*, currently available indicate on the disruptiveness of its range. Molecular genetic analysis will estimate the time and the dynamics of the formation of the intraspecific structure in the context of geological history of the reservoir, to identify the mechanisms of population adaptation and speciation in the process of interaction between species and the unique habitats. Objective: to study and compare the population genetic structure of two species of the genus *Epischura*.

A fragment of the first subunit of the mitochondrial cytochrome oxidase (COI) gene was used for the population-genetic analysis as a marker. Alignment of nucleotide sequences was performed using ClustalW software implemented in the MEGA 5.0 program [1]. The preliminary analysis of the nucleotide sequences and the estimation of levels of haplotype (Hd) and nucleotide (p) diversity were performed with the DNA SP v.5 program [2]. The genealogy of the haplotypes was evaluated with an unrooted network and a statistical parsimony criterion with the NETWORK 4.5 program (<http://fluxus-engineering.com/>) using the “Medianjoining” algorithm [3].

A partial nucleotide sequence of the COI gene with a size of 547 bp was determined for 60 specimens of *E. baicalensis* and for 52 specimens *E. chankensis*. Sequence data were placed in GenBank.

An analysis of *E. baicalensis* sequences revealed 63 variable positions, among which 5 were in the first codon position. A total of 32 positions were phylogenetically informative. Substitutions of the transversion type were noticed in 9 positions. All substitutions were synonymous. Nearly all the haplotypes (52 of 60) were the only haplotypes in the analysis. Four haplotypes were detected twice.

An analysis of *E. chankensis* sequences revealed 49 variable positions, among which 4 were in the first codon position. A total of 21 positions were phylogenetically informative. Substitutions of the transversion type were noticed in 11 positions. In two sequences were found by 1 nonsynonymous substitutions. 41 of 52 haplotypes were the only haplotypes in the analysis, one haplotype were detected in seven specimens and two haplotypes were detected twice.

These species have very similar values of haplotype (Hd) and nucleotide (p) diversity for *E.baicalensis* 0,998 and 0,009 for *E. chankensis* 0,983 and 0,009, and also the average number of pairwise nucleotide differences (k) 5.379 and 5.180, respectively. That can talk about some similar demographic changes that came in the populations of these species. But *E. chankensis* in contrast to *E.baicalensis* (which is represented by a single panmictic population), revealed some population differences in a number of distant haplotypes and large central haplotype that may be related to a emergent geographical isolation.

References

1. Tamura K., Peterson D., Peterson N. et al. 2011. MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Molecular Biology and Evolution*. 28. 2731-2739.

2. Rozas, J., Sanchez-DelBarrio, J.C., Messeguer, X., Rozas, R. 2003. DnaSP, DNA polymorphism analyses by the coalescent and other methods. *Bioinformatics*. 19. 2496-2497.

3. Bandelt H.-J., Forster P., Rohl A. 1999. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Mol. Biol. Evol.* 16. 37-48.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ДВУХ РАЧКОВ РОДА *EPISCHURA* (COPEPODA, CALANOIDA)

Зайдыков И.Ю.¹, Суханова Л.В.¹, Наумова Е. Ю.¹

¹ФГБУН Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
igorrock11@gmail.com

Сведения по распространению видов рода *Epischura*, имеющиеся в настоящее время, свидетельствуют о разорванности его ареала. Молекулярно-генетический анализ позволит оценить время и динамику формирования внутривидовой структуры в контексте геологической истории водоема, выявить механизмы популяционных адаптаций и видообразования в процессе взаимодействия вида и уникальной среды обитания. Цель исследования: изучить и сравнить популяционно-генетическую структуру двух видов рода *Epischura*.

Для популяционно-генетического анализа в качестве маркера использовали фрагмент гена первой субъединицы цитохром оксидазы (CO1) митохондриальной ДНК (мтДНК).

Выравнивание нуклеотидных последовательностей проводили с использованием

программного обеспечения ClustalW реализованного в программе MEGA 5.0 [1]. Предварительный анализ нуклеотидных последовательностей и оценка уровней гаплотипического (Hd) и нуклеотидного (p) разнообразия проводились в программе DNA SP v.5 [2]. Генеалогию гаплотипов оценивали в программе NETWORK 4.5 (<http://fluxus-engineering.com/>) используя 'Median joining' алгоритм [3].

Фрагмент нуклеотидной последовательности гена COI размером 547 п.н. определен для 60 образцов *E.baicalensis* и 52 образцов *E. chankensis*. Данные помещены в GenBank.

Анализ последовательностей *E.baicalensis* выявил 63 варибельных позиции, среди которых 5 находились в первом положении кодона. В общей сложности 32 позиции были филогенетически информативными. Трансверсии обнаружены в 9 позициях. Все замены являлись синонимичными. Почти все анализируемые гаплотипы (52 из 60) были представлены в единственном числе. Четыре гаплотипа обнаружены два раза.

Анализ последовательностей *E. chankensis* выявил 49 варибельных позиции, среди которых 4 находились в первом положении кодона. В общей сложности 21 позиция были филогенетически информативными. Трансверсии обнаружены в 11 позициях. В двух последовательностях было обнаружено по 1 несинонимичной замене. 41 гаплотип от 52 особей был представлен в единственном числе, 1 гаплотип встречен у 7 особей и еще 2 гаплотипа были представлены дважды.

Исследованные виды имеют очень близкие показатели гаплотипического (Hd) и нуклеотидного (p) разнообразия для *E.baicalensis* 0,998 и 0,009, для *E. chankensis* 0,983 и 0,009, а так же среднего числа попарных нуклеотидных различий (k) 5.379 и 5.180. Это может говорить о некоторых сходных демографических изменениях шедших в популяциях данных видов. *E.baicalensis* существует как единая панмиксная популяция. У *E. chankensis* выявляется некая популяционная подразделенность с рядом дистантных гаплотипов и крупным центральным гаплотипом, что может быть связано с возникавшей географической изоляцией.

Литература

1. Tamura K., Peterson D., Peterson N. et al. 2011. MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Molecular Biology and Evolution*. 28. 2731-2739.

2. Rozas, J., Sanchez-DelBarrio, J.C., Messeguer, X., Rozas, R. 2003. DnaSP, DNA polymorphism analyses by the coalescent and other methods. *Bioinformatics*. 19. 2496–2497.

3. Bandelt H.-J., Forster P., Rohl A. 1999. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Mol. Biol. Evol.* 16. 37–48.

BIOLOGICAL COMMUNITIES OF THE WATER COLUMN AT THE DISCHARGE AREA OF THE MUD VOLCANO “BOLSHOY” (SOUTH BAIKAL)

Zakharenko A.S.¹, Galachyants Yu.P.¹, Morozov I.V.², Morozov A.A.¹, Pimenov N.V.³, Zemskaya T.I.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

²Genomics Core Facility, SB RAS, Novosibirsk, Russia

³Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia
zakharenko@lin.irk.ru

We investigated phylogenetic diversity of the biological communities in water column in the area of the mud volcano “Bolshoy” (Southern Baikal) using high-performance massively parallel sequencing (platform Illumina MiSeq). We analyzed DNA samples from 50 m, 100 m, 700 m and 1370 m. For analysis of prokaryotes we used primers for two regions of 16S rRNA gene (V2-V3 and V3-V4) as well as primers for functional *pmoA* and *mxhF* genes. The 18S rRNA gene-specific primers were used to amplify eukaryote-derived sequences. The Mothur v.1.34.4 software was used for data analysis.

We found several discrepancies in taxonomic composition of bacteria when comparing the reads of two regions within 16S rRNA gene (V2-V3, V-V4), which are believed to be the most suitable for the phylogenetic analysis of the bacterial communities (Mizrahi-Man et al., 2013). The analysis of the V3-V4 region unraveled 33 bacterial phyla with dominating representatives of *Proteobacteria* (21-45%), *Planctomycetes* (8-30%) and *Actinobacteria* (11-41%). The proportion of representatives of phyla *Nitrospirae*, *Planctomycetes*, *Chloroflexi*, *Acidobacteria* and classes *Alphaproteobacteria* and *Gammaproteobacteria* increased with depth. At the same time, the proportion of representatives of phyla *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, as well as class *Betaproteobacteria* decreased.

When analyzing of the V2-V3 region we detected 31 phyla of bacteria, among which the representatives of *Proteobacteria* (45-80%) and *Actinobacteria* (8-33%) were predominant. The proportion of representatives of phyla *Nitrospirae*, *Chloroflexi*, *Acidobacteria*, *Deinococcus-Thermus*

well as classes *Alphaproteobacteria* and *Gammaproteobacteria* increased with depth, whereas the proportion of representatives of phyla *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* and class *Betaproteobacteria* decreased. Phylum *Planctomycetes* was present in minor amounts.

Phylogenetic structure of eukaryotes also varies with depth. The photic zone (50 m, 100 m) is dominated by crustaceans (69%, 74%, respectively). At a depth of 700 meters, they were virtually absent (2%), but at 1370 m their proportion increased up to 24%. Their closest homologs were the members of the genus *Calanus* (97%). Algae were present at all depths, the maximum number of sequences was observed at a depth of 100 meters, and their number went down with increase of depth. We detected representatives of the following classes of algae: *Haptophyta*, *Bacillariophyceae*, *Chrysophyceae*, *Cryptophyceae* and *Chlorophyta*. Representatives of kingdom *Protozoa* (dinoflagellates, ciliates) were detected in a maximum amount on the depth of 700 m (62%) and 1370 m (47%), on the depth of 50 m and 100 m their proportions were 15% and 11%, respectively. In the depth horizons (700 m, 1370 m) the representatives of the kingdom *Fungi* (*Basidiomycetes* and *Ascomycetes*) were also found. They accounted for 15% of the total number of sequences. At the depth of 700 m a large number (18%) of sequences corresponding to unclassified eukaryotes was registered.

Analysis of the functional gene *pmoA* revealed the presence of type I methanotrophs belonging to the family *Methylococcaceae* (*Gammaproteobacteria*). Although the sequences were recovered from the samples from all depths, the largest portion of sequences account for the depths of 700 m and 1370 m.

Analysis of the functional gene *mxaF* showed that methylotrophic bacteria are also present on the depths of 700 m and 1370 m and represented by *Methylobacterium* (*Alphaproteobacteria*).

The majority of sequences corresponding to methanotrophic bacteria was found in the bottom area, where high content of methane was registered.

The study was performed within the framework of the public contract on the topic "Geo-biochemical study of methane cycles ..." (№ 76.1.7.).

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА ВОДНОЙ ТОЛЩИ В РАЙОНЕ РАЗГРУЗКИ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА «БОЛЬШОЙ» (ЮЖНЫЙ БАЙКАЛ).

Захаренко А.С.¹, Галачьянц Ю.П.¹, Морозов И.В.², Морозов А.А.¹, Пименов Н.В.³,
Земская Т.И.¹

¹ Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

² Центр коллективного пользования «Геномика» СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³ Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, г. Москва, Россия
zakharenko@lin.irk.ru

С использованием высокопроизводительного массового параллельного секвенирования (платформа Illumina MiSeq) исследовано филогенетическое разнообразие биологических сообществ в водной толще в районе грязевого вулкана «Большой» (Южный Байкал). Анализировалась ДНК, отобранная с 50 м, 100 м, 700 м и 1370 м. Для анализа прокариот использовали праймеры для двух регионов гена 16S rRNA (V2-V3 и V3-V4), праймеры на функциональные гены *pmoA* и *mxaF*, а также для определения филогенетического состава эукариот праймеры на 18S rRNA. Данные пиросеквенирования анализировали с помощью программного обеспечения Mothur v.1.34.4.

При сопоставлении данных чтений двух регионов гена 16S rRNA (V2-V3, V3-V4), которые являются наиболее оптимальными для анализа бактериального сообщества (Mizrahi-Man et al., 2013) выявились некоторые различия в таксономическом составе бактерий. При анализе региона V3-V4 выявлено 33 филума бактерий, среди которых доминировали *Proteobacteria* (21-45%), *Planctomycetes* (8-30%) и *Actinobacteria* (11-41%). С глубиной увеличивалась доля представителей филумов *Nitrospirae*, *Planctomycetes*, *Chloroflexi*, *Acidobacteria* и классов *Alphaproteobacteria* и *Gammaproteobacteria* и уменьшалось представительство *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* и класса *Betaproteobacteria*. При анализе региона V2-V3 выявлен 31 филум бактерий, среди которых доминировали *Proteobacteria* (45-80%) и *Actinobacteria* (8-33%). С глубиной увеличивалась доля представителей филумов *Nitrospirae*, *Chloroflexi*, *Acidobacteria*, *Deinococcus-Thermus* и классов *Alphaproteobacteria* и *Gammaproteobacteria* и уменьшалась численность филумов *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* и класса *Betaproteobacteria*. Представители филума *Planctomycetes* присутствовали в минорных количествах.

Филогенетический состав эукариот также изменялся с глубиной. В фотическом слое (50 м, 100 м) доминировали ракообразные (69%, 74%, соответственно). На глубине 700 м они практически отсутствовали (2%), но на 1370 м их доля возростала до 24%. Ближайшими гомологами являлись представители рода *Calanus* (97%). Водоросли присутствовали на всех глубинах, максимальное количество последовательностей отмечалось на глубине 100 метров,

затем наблюдалось уменьшение их количества. Выявлены представители зеленых, гаптофитовых, золотистых, криптофитовых и диатомовых водорослей. Представители царства простейших (динофлагелляты, инфузории) обнаружены в максимальном количестве на глубинах 700 м (62%) и 1370 м (47%), на глубинах 50 м и 100 м значения составляли 15% и 11%, соответственно. В глубинных горизонтах (700 м, 1370 м) также обнаружены представители царства грибов (базидиомицеты и аскомицеты). На их долю приходится 15% от общего количества последовательностей. На глубине 700 м зафиксировано большое количество последовательностей неклассифицированных эукариот (18%).

Анализ функционального гена *pmoA* выявил присутствие метанотрофов I типа на всех глубинах, принадлежащих к семейству *Methylococcaceae* (*Gammaproteobacteria*). Основное количество последовательностей приходится на глубины 700 м и 1370 м.

Анализ функционального гена *mxaF* показал, что метилотрофные бактерии также сконцентрированы на глубинах 700 м и 1370 м и представлены родом *Methylobacterium* (*Alphaproteobacteria*).

Наибольшая часть последовательностей метанотрофных бактерий выявлена в придонной области, где было отмечено повышенное содержание метана.

Работа выполнена в рамках гос. задания по теме № 76.1.7. «Геобиохимические исследования циклов метана...».

DIURNAL DYNAMIC OF SURFACE OZONE AND SMALL GASEOUS IMPURITIES NEAR THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL

Zayakhanov A.S., Zhamsueva G.S., Tsydypov V.V., Balzhanov T.S.

Institute of Physical Materials of Science SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Lrf@ipms.bscnet.ru

The paper presents the results of expedition investigation of diurnal dynamic of ozone, nitrogen oxides, sulfur dioxide near the coastal zone of Lake Baikal. The measurements were carried out in august 2013-2014 on the south-east coast of Lake Baikal using of 30 m meteorological mast on two levels: 2 and 20 m. Simultaneously on these levels meteorological and turbulent parameters of atmosphere were carried out using acoustic meteorological complexes “AMK-03” and “EXMETEO”. Observations allowed to study the influence of thermal stratification on ozone content and others of small gaseous impurities

Features of the altitude distribution of ozone and other small gaseous impurities are revealed. Important role of breeze circulations in diurnal variations of ozone are noted. The breeze circulations influence on transport and distribution of atmospheric impurities in Baikal region. Experimentally shown significant influence of temperature inversions, turbulence characteristics in the conditions of transformation, transport and destruction of surface ozone.

An anomalously high concentrations of surface ozone were found out that were not previously observed in the Baikal region.

It was found that the cause of anomalously high concentrations of ozone are forest fires, which covered the southern and western part of Eastern Siberia and the forest-tundra in Yakutia.

This work was performed with the support of Russian Foundation for Basic Research (grant № 15-45-04027-r_sibir_a) and Multidisciplinary Integrate Project № 8.

RESULTS PRESENTED BY SCHOOL RESEARCHERS ШКОЛЬНАЯ СЕКЦИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФТОРИДОВ И ИОНОВ СВИНЦА В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ

Асламов А.П.

МБОУ Лицей №3, 11 класс, г. Иркутск

Руководители работы: Копачинская Елена Анатольевна, учитель биологии;

А.А.Приставка

ant.aslamov@yandex.ru

Цель работы – определить риски, связанные с накоплением в картофеле обыкновенном компонентов аэропромвыбросов предприятиями алюминиевой промышленности.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие *задачи*:

1) изучить экологические проблемы, связанные с деятельностью предприятий алюминиевой промышленности;

2) изучить литературные данные о влиянии компонентов аэропромвыбросов на живые организмы;

3) Измерить концентрацию фторид-ионов и ионов-свинца в картофеле, выращенном на территориях, подверженных воздействию аэропромвыбросов;

Последние десятилетия убедили нас в том, что вторжение человека наносит ущерб окружающей среде. Это относится к большому количеству химических загрязняющих веществ (поллютантов). Вступая в реакции, эти соединения создают условия, при которых нарушается механизм естественного саморегулирования и обновления природной среды, и вызывают возникновение неестественных для нее явлений. Существуют государственные службы мониторинга, которые исследуют природную среду: почву, атмосферу, воду, но загрязняющие вещества способны мигрировать по экосистемам и накапливаться в компонентах биоценозов, включая сельскохозяйственную продукцию. Поступая к потребителю, эта продукция может негативно влиять на здоровье человека.

Методы исследования: объектами исследования стали клубни картофеля одного хозяйственно-ботанического сорта Адретта. Образцы картофеля выращены на частных хозяйствах, расположенных по разную сторону относительного факела выброса ИркАЗ-СУАЛ с учетом направления преобладающих ветров (Синюшина гора, Шаманка, Марково, Гончарово, Садовая, Б.луг.) Из клубней был получен сок на соковыжималке, в котором при использовании ионоселективных электродов ЭЛИТ-221 и ЭЛИС-131 были получены данные о количественной концентрации фторидов и ионов свинца в картофеле.

Анализ полученных результатов:

Из полученных данных можно вывести следующие результаты:

1. В образце, выращенном в мик-не Синюшина гора г. Иркутска, результаты фторидов не превышают ПДК, а содержание свинца превышает ПДК на 0,188 мг/л, что вызвано большим количеством автотранспорта. Следовательно, такой картофель не пригоден в пищу.

2. В клубнях, выращенных в с. Шаманка Шелеховского района содержание фторидов и свинца в норме, вероятно, это связано с удаленностью от города, малым количеством автотранспорта и незначительным влиянием ветра.

3. В образце с пгт. Марково содержание ионов свинца и фторидов находятся до ПДК, это объясняется отдаленностью от г. Шелехов и относительно малым влиянием автотранспорта, следовательно, такой картофель пригоден в пищу

4. В картофеле, выращенном в СНТ «ТРУД», близ ст. Гончарово, содержание фторидов и ионов свинца в норме, и не превышают ПДК, что связано с защитными свойствами лесных насаждений и малой способностью накопление фторидов в растениях. Такой картофель пригоден в пищу.

5. В образце, выращенном в СНТ «Голубая тайга» близ ст. Садовая, содержание фторидов не превышают ПДК, а содержание ионов свинца находятся в норме, но очень близки к значениям ПДК, требуются более глубокие исследования. Вероятно, это связано с защитными свойствами леса и малым наличием автотранспорта.

6. В клубнях, выращенных в пгт. Б.луг, содержание фторидов не превышают ПДК, что также связано с малым количеством автотранспорта и защитными свойствами леса, такой картофель пригоден в пищу.

Заключение:

1) Содержание фторидов не в одном из образцов не превышает ПДК, что связано с малым накоплением фтора в тканях и органах растений.

2) Относительное содержание ионов свинца указывает на то, что его концентрация в клубнях зависит не только от промышленных аэровыбросов, но и от других источников загрязнения, например – автотранспорта.

Перспективы:

1) Более детальное исследование факторов, влияющих на накопление загрязняющих веществ в сельскохозяйственной продукции;

2) Изучение влияния концентрации загрязняющих веществ в клубнях на их сохраняемость и микробиологическую устойчивость.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОДЕРЖАНИЯ *PERCCOTTUS GLENII* В ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМАХ

Бовт Т.М.

Объединение «Водная экология» МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутск,
МБОУ СОШ № 75 г. Иркутска, 9 класс

Руководители: Глызин А.В., к.б.н., педагог дополнительного образования МАОУ
ДОД «Дворца творчества» г. Иркутска

Кудрявцева Ю.Н., учитель географии МБОУ СОШ № 75

glizin@mail.ru

В начале 90-х годов прошлого века ротана *Perccottus glenii* (1877) выставляли как суперрыбу способную всех местных рыб уничтожить на озере Байкал. Прошло 20 лет. Крупные хищники щука и окунь (и не только, но и птицы – чайки и бакланы) очень хорошо контролируют его численность, так что его роль в нормальных водоёмах почти не заметна. В настоящее время ротан во множестве встречается в заросших участках дельты Селенги, в сорах Селенгинского мелководья, а также в Посольском соре и в заливе Провал. В Байкале он находится на этапе роста численности и ареала и периодически отлавливается на не свойственных ему, больших, глубинах.

Основной целью нашей экспериментальной работы было изучить влияние на жизнь ротана изменения некоторых факторов среды (температура, содержание кислорода, состав воды).

Исследования проводились в аквариумах и в лабораторных термостатированных камерах (холодильниках) с байкальской и водопроводной водой на базе «Пресноводного аквариумного комплекса ЛИИ СО РАН. Данная работа ориентирована на изучение роли представителей непромысловых фауны, на примере ротана-головешки, в условиях искусственных водоемов.

В результате проведенных экспериментов и наблюдений мы узнали, что ротан неприхотливая рыба и выживает при резких изменениях содержания кислорода, объема воды и состава воды, неразборчив в питании.

Проведенными нами экспериментами было подтверждено, что:

- содержание ротана в домашнем аквариуме возможно даже школьнику;
- условия содержания и культивирования ротана практически не отличаются от условий содержания аквариумных рыб при комнатной температуре;
- можно успешно содержать ротана при температуре от 2 до 30 °С, при концентрации кислорода в воде от 1,5 -12 мг/л, в аквариумах с объёмом воды от 2 литров до 50 литров и более в водопроводной воде.

Вывод. Воздействие при содержании ротана в искусственных условиях разных факторов (повышенная или пониженная температура, содержание кислорода, смена режима и рациона питания) повлияло на образ его жизни – снижение потребления пищи, двигательной активности, изменение окраски тела, но в целом это очень неприхотливая рыба для прудового разведения.

ОБ УЧАСТИИ ТОМСКИХ ШКОЛЬНИКОВ В СКРИНИНГЕ ТЕРРИТОРИЙ НА НАЛИЧИЕ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ

Бродовой А.Н., Ибрагимов Э.С., Мальцев Е. Р., Чайковский С.В.

МАОУ ДОД Дворец творчества детей и молодежи г. Томска, Центр профильного обучения

Руководитель работы: Михайлова Н.В., заведующая инновационным отделом,
руководитель ЦПО ДТДиМ

nmikhailova53@yandex.ru

Биологические инвазии – сегодня одна из актуальных проблем в мире. Виды – «чужеземцы» чаще всего появляются при участии человека, поэтому так важно информирование о возможных последствиях инвазии широкого социума. Однако, школьный курс биологии этого не предполагает. В рамках томской летней биологической школы – 2013, 2014 (<http://www.dtdm.tomsk.ru/lageri/detail/?ID=991>) ученые Биологического института и Сибирского

ботанического сада (ихтиолог И. Б. Бабкина, ботаник С. И. Михайлова и энтомолог О. Л. Конусова) познакомили нас - ее участников с тремя инвазивными видами: Ротаном – головёшка (лат. *Perccottus glenii*), Недотрогой железконосной (лат. *Impatiens glandulifera*) и Уссурийским полиграфом (лат. *Polygraphus proximus*). Мы решили принять посильное участие в исследованиях томских ученых - озадачились скринингом озера Песчаное на наличие ротана и фрагментарным картированием одной из центральных улиц Томска (Красноармейской) ,на наличие недотроги и полиграфа. В озере Песчаное в августе 2013 и 2014 г.г. были обнаружены мальки и взрослая особь ротана, что свидетельствует не только о наличии, но и размножении «вселенца». Площадь, занятая Недотрогой железконосной ,составила 1640 кв.м – 1,7 % исследованной площади. Во время обследования было отмечено посещение цветков шмелями, что подтвердило гипотезу томских энтомологов о значении недотроги в кормовой базе городской популяции шмелей. Самым трудоемким оказался процесс диагностики темнохвойных (пихта, ель) на поражение Уссурийским полиграфом. Только практические занятия с магистрантом ТГУ М. С. Поушевой позволили нам освоить методику и провести диагностику пихт и елей в парке Русско-немецкого дома. Огорчило то, что все обследованные хвойные оказались поражены полиграфом. Для оценки масштабности проблемы мы решили включить задачу скрининга территорий на наличие обозначенных инвазивных видов в прогамму своего участия в биологических школах на Алтае и Байкале летом 2015 г. В июне 2015 года, в рамках Бийской школы молодого ученого, мы провели опрос рыбаков – любителей из Кемерово, Новосибирска , с Алтая на берегу озера Манжерок. Ротан в озере не обнаружен. Порадовал и тот факт, что все опрошенные знали о негативных последствиях появления в водоеме ротана. Недотроги на берегу озера нами не обнаружено. В конце июля, в рамках Биологической школы «Сибирь - Байкал», мы опросили рыбаков Б.Коты на наличие в Байкале ротана. Они утверждали, что в озере «вселенца» нет, а вот в Ангаре он встречается. Декан биологического факультета ИГУ, ихтиолог А.Н.Матвеев объяснил, что температурный режим озера не благоприятен для ротана, а в реках его численность ограничивают птицы. Этот комментарий ученого позволил нам выйти к орнитологам ТГУ с предложением о возможном эксперименте на Песчаном озере. Ни в Б.Котах, ни на о.Ольхон мы не обнаружили недотроги. А вот в г.Иркутске вид – «вселенец» занимает такие же «сорные» места (пустырь на Гоголя,92), как и в Томске. Интересен тот факт, что иркутские садоводы-любители, привлеченные изяществом цветка, начали выращивать недотрогу в клумбах и палисадниках в 90-е годы, называя ее «дубком». Позже она стала «теснить» иван чай на «сорных» местах. Ежегодно, в начале ноября в Томске проходит городской фестиваль школьников «Заповедное». На фестивале 2014 году мы представили свой проект, тем самым впервые познакомили школьников с проблемой биологических инвазий: поеданием ротаном икринок и молоди сибирских рыб, уничтожением полиграфом томской темнохвойной тайги из-за отсутствия естественных врагов и коэволюции. В сентябре 2015 года планируем провести скрининг озера Самусь Томской области на наличие ротана, реликтового бора по его берегам на поражение полиграфом, а сорных мест поселка на заселение недотрогой. К фестивалю «Заповедное» - 2015 мы готовим сравнительный анализ данных Школ лета 2015, тем самым продолжаем информирование школьного социума о проблеме сохранения биоразнообразия.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ОЛИГОХЕТ

Глызина Е. А.

Объединение «Водная экология» МАОУ ДОД «Дворца творчества» г. Иркутска,
7 класс.

Руководитель: Глызин А.В., к.б.н., педагог дополнительного образования МАОУ
ДОД «Дворца творчества» г. Иркутска

Ихтиологи пожаловались, что очень часто живого корма – почвенных олигохет не хватает. Возможно, ли разводить для корма других червей, в том числе и тех, что живут в Байкале, и которыми в природе питаются байкальские рыбы.

Объекты исследования: почвенные олигохеты – энхитреида *Enchytraeus albidus*, калифорнийский червь – *Eisenia foetida* и пресноводные олигохеты – Ринхельмис короткоголовый *Rhynchelmis brachycephala*.

Цель исследований: оценить возможность разведения байкальских олигохет и использования в качестве корма для сиговых рыб.

Для разведения с 2009 года в аквакомплексе используется культура вида почвенной олигохеты – белый энхитрей *Enchytraeus albidus*. Для искусственного разведения чаще используют более прихотливых - навозных червей (*Eisenia foetida*) искусственно выведенные его породы. Этот вид был привезён в аквакомплекс в 2011 году

Но наибольший интерес для наших исследований вызвал *Ринхельмис короткоголовый Rhynchelmis brachycephala* (Michaelsen, 1901) наиболее крупный представитель олигохет Байкала. Это байкальский эндемик.

Мы заставляем выползать червей из земли двумя способами:

- с помощью приманок – в пластиковую коробочку кладём кусочек старого сыра или колбасы, а в коробочке заранее просверливаются маленькие дырочки, через которые олигохеты и проползают – главное, во время успеть их там застать; так олигохет можно заманить сыром в чистую закрытую емкость.

Особь Ринхельма были занесены в аквариум с живой байкальской губкой собранной для проведения эксперимента вместе с субстратом с глубины 10 м. В аквариуме поддерживалась температура 5-8°C, с байкальской водой. Наблюдение проводили в течение двух лет.

В результате наблюдений мы узнали, что это неприхотливая олигохета (живет и размножается даже при дефиците кислорода). По литературным данным этот вид постоянно встречается в зоне значительного загрязнения дна озера органическими стоками.

Нами было выявлено, что:

- почвенные олигохеты можно легко культивировать даже школьникам;
- калифорнийская и горшочная олигохеты являются сбалансированным и легкоусваиваемым кормом для сиговых рыб;
- содержать длительное время в искусственных условиях водных олигохет пока не удалось по причине того, что они требовательны к чистоте и температуре воды.
- условия для культивирования байкальской олигохеты *Rhynchelmis brachycephala* можно создать только после исследований жизненного цикла этих животных;
- В естественных эвтрофных (в том числе в результате антропогенного загрязнения) водоемах байкальскую олигохету *Rhynchelmis brachycephala* возможно разводить. При условии, что эти водоемы не промерзают до дна с пресной холодной водой (4-16°C), глубиной 10-15 м, с илистым дном, и незначительной численностью амфипод.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОМУЛЯ И РОТАНА ПО ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И УСЛОВИЯМ СОДЕРЖАНИЯ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Заботин М.С.

Объединение «Водная экология» МАОУ ДОД «Дворца творчества» г. Иркутска,
7 класс.

Руководители работы: Глызин А. В., к.б.н., педагог дополнительного образования
МАОУ ДОД «Дворца творчества» г. Иркутска

Кудрявцева Ю.Н., учитель географии МБОУ СОШ № 75, г.Иркутск
glizin@mail.ru

Объекты исследования: байкальский омуль *Coregonus migratorius Georgi, 1775* и ротан – головешка *Perccottus glenii* (Dybowski, 1877) – рыба семейства Головешковых.

Основной цель – Сравнить ротана и омуля по пищевой ценности и возможности содержания в искусственных условиях.

В начале 90-х годов прошлого века – ротана выставляли как суперрыбу, способную всех местных рыб уничтожить. Прошло 20 лет. Крупные хищники щука и окунь (и не только, но и птицы – чайки и бакланы) очень хорошо контролируют его численность, так что его роль в нормальных водоёмах почти не заметна. Изучали его и у нас – на реке Селенге. Пищевые взаимоотношения ротана с местными байкальскими видами рыб довольно напряженные. Особенно наглядно это проявляется в водоемах дельты реки Селенги, где по сходству пищи наибольший антагонизм наблюдается с язем (до 90%), карасем (81,2%) и плотвой (67,3%), в меньшей степени с ельцом (49,4%) (Пронин и др., 1998).

Высокая численность ротана в дельте р. Селенги является снижает численность частичковых рыб (каarp, щука, карась). Это привело к значительным изменениям в питании хищных видов рыб и рыбоядных птиц, практически полностью перешедших на питание ротаном. Наличие многочисленной и легко доступной жертвы привело к темпам роста и плодовитости щуки и окуня, а затем и к возрастанию численности этих видов и снижению численности ротана в последние годы.

Пищевая ценность на 100 г:	жиры (г),	белки (г)	калорийность (Ккал)
Ротан	2,00	17,70	89,00
Омуль	2,50	17,50	92,50

Как видим пищевая ценность ротана и омуля по содержанию жира и белка и их соотношения очень близки. В ряду из проанализированных 14 видов рыб оз. Байкал они соседи. По калорийности мясо ротана и омуля также близки, а о вкусах как говорят: «Не спорят».

Наши эксперименты по содержанию ротана и омуля в искусственных условиях (аквариум, водопроводная вода) показали, что при сравнение этих двух видов рыб способности к искусственному содержанию выигрывает ротан - это неприхотливая рыба, живет и размножается даже в пересохших летом или промерзших зимой водоемах, выживает при резких изменениях содержания кислорода, объема воды и состава воды, неразборчив в питании. Омуль оказался очень требователен к условиям искусственного содержания и все особи к окончанию эксперимента вымерли.

ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН

Копылова Е.

МБОУ г. Иркутска СОШ №73, 9 класс

Руководитель работы: Макарова Галина Ильинична учитель химии МБОУ г. Иркутска СОШ №73

Для получения раннего урожая необходима дополнительная предпосевная подготовка семян, для этого садоводам рекомендуют применять стимуляторы роста и развития растений. А какой лучше применить?

Прорастание семян, процесс перехода семян от состояния покоя к интенсивной жизнедеятельности, в результате чего трогается в рост зародыш и образуется проросток, из которого развивается молодое растение.

Цель работы:

Экспериментально установить, какой биостимулятор эффективен для прорастания семян.

Задачи работы:

1. Изучить литературу о биостимуляторах роста растений.
2. Опытным путем определить наиболее надежный стимулятор роста растений.

Методы:

1. Эксперимент.
2. Наблюдение, сравнение.
3. Изучение литературы.

Объекты исследования: семена перца сорта «Едино», семена баклажанов сорта:

«Клоринда», «Фиолетовый шар»

Предмет исследования: влияние биостимуляторов: сок алоэ, мед, сок золотого уса на продолжительность прорастания семян.

Практическая значимость исследования: возможность использовать данные экспериментальной работы при выращивании рассады на личном подворье.

Стимуляторы роста бывают натуральные биологические, содержащиеся в алоэ, золотом усе, меде алоказии, каланхое, доннике, верблюжьей колючке, очитке и искусственно полученные на заводах. Для проведения опытов я взяла: сок алоэ, сок золотого уса, мед.

Исследование проводилось в феврале - марте 2015 года при комнатной температуре.

Для проверки значения предпосевного замачивания семян заложила следующий опыт:

1. Приготовила растворы сока алоэ, золотого уса, меда. (20 мл воды и 3 мл сока или меда).
2. В чашки Петри положила семена и залила растворами.
3. Через сутки посадила семена в грунт.
4. Результаты систематизировала и представила в виде таблицы.

Из проведенных опытов сделала вывод, что лучше использовать для замачивания семян биологические регуляторы роста – алоэ и золотой ус, так как скорость прорастания семян в их растворах быстрее.

Приведенные опыты помогут мне дома заниматься выращиванием рассады овощей на приусадебном участке.

ТИХОХОДКИ – УДИВИТЕЛЬНЫЕ СОЗДАНИЯ!

Кузьмина П.

МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутска, МБОУ СОШ №64, 7 класс
Руководитель: Майкова О.О., к.б.н., педагог дополнительного образования
МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутска

Научный консультант: Медвежонкова О.В., м.н.с. ЛИИ СО РАН

Мне захотелось узнать: кто такие тихоходки? Почему они малоизучены, как они выдерживают пребывание в открытом космосе и еще много другое? И каково было мое удивление, когда я узнала, что они живут прямо на моем доме!!!

Цель работы: найти тихоходок в природе и ознакомиться с их строением и образом жизни.

Задачи:

1. Найти тихоходок
2. Ознакомиться с их образом жизни
3. Изучить их строение
4. Определить видовую принадлежность собранных экземпляров

Тихоходки мало изучены, потому что они представляют собой сложный объект для изучения. Это очень милые существа, заниматься которыми одно удовольствие! Мне стало интересно изучить их образ жизни, и самой найти их в нашем городе. Оказывается, они живут почти везде.

Я принесла найденный мох в Лимнологический институт для исследования на наличие тихоходок. Вместе с моим консультантом мы их смогли найти. Далее приступили к изучению их строения и определения вида с помощью микроскопа, бинокля и определителя

Ключ к определению вида:

Класс Eutardigrada мы определили по отсутствию цирусов.

Отряд Arohela – по отсутствию кутикулярных структур в сосущей глотке, наличию головных папилл, полностью разделённых главной и боковой ветвь коготков.

Род: *Milnesium* – 6 околоротовых папилл

Вид: *Milnesium tardigradum* – короткая жёсткая глотка

Выводы:

1. В ходе данной работы я узнала о тихоходках и их жизнедеятельности, об условиях их обитания, о невероятной выносливости и об их происхождении.
2. Я узнала, по каким критериям определяют виды тихоходок и методику поиска тихоходок.
3. С помощью научного консультанта я смогла определить вид тихоходок, найденных во мху: *Milnesium tardigradum*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТА БЕРЁЗЫ В ИРКУТСКЕ

Мазаник Н.Д.

МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутска, МБОУ Лицей №3
Руководитель: Майкова О.О., к.б.н., педагог дополнительного образования
МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутска

Цель работы: определить экологическое состояние в разных районах г. Иркутска

Задачи:

1. собрать листья берёзы в разных районах г. Иркутска.
2. провести измерения параметров флуктуирующей асимметрии собранных листовых пластинок.
3. провести вычисления показателей флуктуирующей асимметрии и стабильности развития организма для каждой берёзы.
4. сравнить экологическое состояние разных районов Иркутска

Оценка качества среды очень важна для понимания человеком обстановки, в которой он живёт. Одним из перспективных подходов для характеристики качества среды является оценка состояния живых организмов по стабильности развития, которая характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии морфологических структур. Наиболее распространённым модельным объектом считается берёза, так как она неприхотлива к различным условиям обитания, а также удобна для проведения замеров. В данной работе, пользуясь показателем флуктуирующей асимметрии берёзы, мы проверяем экологическое состояние окружающей среды разных районов г. Иркутска.

В рамках данной работы были собраны по 30 листьев с семи берез из разных районов города Иркутска и вычислены показатели устойчивости развития организмов, после чего была установлена степень загрязненности окружающей среды.

Выводы:

1. Уровень загрязнения в Иркутске различен и зависит от района города, но в среднем достаточно высок.

2. Наши расчёты показывают, что наиболее загрязнённым районом является район ул. Баррикад, а наименее загрязнённым – Синюшина гора.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ВОДЫ

Максимчук М.Г.

МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутска, МБОУ СОШ №38, 7 кл

Руководитель: Майкова О.О., к.б.н., педагог дополнительного образования

МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутска

Данную работу мы начали в эколого-туристском лагере Ольхон, где мы изучали строение и жизнедеятельность этих интересных животных. Я решил проверить, как влияет загрязнение воды бензином, мылом и глиной на жизнь байкальских амфипод. Узнать какой фактор является более опасным для гаммарид, ведь бензин и мыло – это одни из основных загрязнителей воды, попадающих в результате деятельности туристов.

Цель работы: Изучить реакцию байкальских амфипод разных видов на загрязнение воды: мылом, бензином и глиной.

Задачи:

1. изучить литературу

2. собрать амфипод для исследования

3. определить виды амфипод

4. провести эксперименты

5. сравнить устойчивость разных видов амфипод к разным загрязнителям.

В бухте Улан хушин мы собрали: *Eulimnogammarus verrucosus* и *Eulimnogammarus olivaceus*.

Чтобы узнать, почему в разных местах мы собрали разный видовой состав амфипод, мы провели эксперимент: положили в две банки *Eulimnogammarus verrucosus* и *Eulimnogammarus olivaceus*. В одну из этих банок мы добавили немного глины, чтобы посмотреть какой вид из амфипод *Eulimnogammarus verrucosus* или *Eulimnogammarus olivaceus* более чувствительный к загрязнению воды. В ходе эксперимента мы узнали, что *Eulimnogammarus verrucosus* более чувствительный к загрязнению воды глиной, чем *Eulimnogammarus olivaceus*. Наш эксперимент основывался на наблюдении того, что в разных точках сбора был разный грунт. И мы предположили, что тип грунта является важным фактором, влияющим на наблюдаемый нами разный видовой состав амфипод.

Для проведения второго эксперимента мы взяли три банки по 800 мл, наполнили их водой, поместили туда амфипод двух видов в сумме по десять штук в каждую банку. В первую банку добавили 200 мкл бензина, во вторую добавили мыла (намылили палец и прополоскали в воде). Третья банка – это отрицательный контроль. Каждый час мы повышали концентрацию бензина (по 200 мкл) и мыла в банках до гибели первых амфипод. Три амфиподы погибли через 5 мин после 3-го добавления бензина. Гаммарусы находящиеся в банке с мылом стали погибать позже, чем гаммарусы в банке с бензином.

Выводы:

1. Показали разный видовой состав байкальских амфипод в трёх бухтах о. Ольхон: в бухте Баян-Шунген обитает *Eulimnogammarus verrucosus*, в бухте Улан -Хушин обитают *Eulimnogammarus verrucosus* и *Eulimnogammarus olivaceus*, в бухте Нюрганская губа - *Eulimnogammarus olivaceus*.

2. *Eulimnogammarus verrucosus* более чувствителен к механическому загрязнению воды, чем *Eulimnogammarus olivaceus*.

3. Бензин и мыло губительны для амфипод, но в достаточно больших количествах. Если перевести концентрацию бензина в банке, при которой амфиподы погибли, на количество воды в Байкале, то нужно вылить в озеро 27600 миллиардов тон бензина.

КУСТАРНИКИ ОСТРОВА ОЛЬХОН

Медведская К.

МБОУ г. Иркутска СОШ№73, 9 класс

Руководитель работы: Галина Ильинична Макарова, учитель химии МБОУ г. Иркутска СОШ№73

Актуальность работы: Изучение флоры острова Ольхон имеет большое значение, так как сохранение биоразнообразия озера Байкала и Прибайкалья является важной экологической задачей.

Цель работы:

1. Изучить систематический состав кустарников острова Ольхон, собрав гербарий.
2. Изучить биологические особенности кустарников острова Ольхон.

Объекты исследования: кустарники острова Ольхон.

Предметы исследования:

1. Изучение систематического состава кустарников
2. Изучение биологических особенностей кустарников острова Ольхон.

Ольхон, самый крупный остров Байкала, расположен в средней части озера. Площадь острова Ольхон около 700 км². На острове Ольхон выпадает очень малое количество осадков, около 200 мм в год, ветер дует часто и подолгу, при этом преобладают ветры северо-западного направления. Среднее количество дней с ветром более 15 м/с равно 148.

На острове Ольхон произрастают растения разных жизненных форм: деревья, кустарники, кустарнички, лианы, травы, мхи, лишайники.

Кустарник – многолетние деревянистые растения высотой 0,8-6 метров, в отличие от деревьев не имеющие во взрослом состоянии главного ствола, а несколько или много. Кустарников на острове насчитывается, около 20 видов я нашла и исследовала 10 видов.

Систематический состав кустарников острова Ольхон.

Семейства	Виды
Семейство розоцветных	Кизильник черноплодный Пятилистник кустарниковый (курильский чай) Малина сахалинская Роза иглистая Рябина обыкновенная Таволга средняя Черёмуха обыкновенная
Семейство ивовые	Ива розмаринолистная
Семейство вересковые	Рододендрон даурский
Семейство берёзовые	Душекия кустарниковая

В ходе наблюдений выяснила, что такие кустарники: кизильник черноплодный, курильский чай, ива козья страдают от поедания крупном рогатым скотом, поэтому высота этих кустарников небольшая.

Другой особенностью кустарников о. Ольхон является приспособленность к засушливому климату:

➤ малина сахалинская, роза иглистая у них длинное корневище до двух, трех метров и высота кустарника от 15 см – 80см.;

➤ черемуха обыкновенная произрастая в песчаных дюнах, имеет стелющийся стебель и маленькие листья до 3-5 см длиной.

Растительный покров острова Ольхон оригинален и неповторим.

ФИТОЦЕНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ЮННАТСКОГО ПРУДА

Мусинцева Д.

Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования Иркутской области «Центр развития дополнительного образования детей», школьное лесничество «Багульник», МБОУ лицей №3 г. Иркутска, 10 класс.

Руководитель: Хилханова Любовь Николаевна, педагог дополнительного образования, Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования Иркутской области «Центр развития дополнительного образования детей».

lyubovhilhanova@mail.ru

Водные ресурсы Сибири – это большое достояние России, даже самый маленький водоем вносит свой вклад в природу. Сохранение этого богатства является задачей будущих поколений.

Юннатский пруд имеет большое сельскохозяйственное и рекреационное значение. С северо-восточной стороны пруд постепенно зарастает. Может ли он зарости совсем? Это зависит от его физических характеристик и видового состава гидробионтов.

Исходя из выше изложенного, было решено больше узнать о водных растениях Юннатского пруда и их особенностях.

Объектом исследования являются водные сосудистые растения Юннатского пруда.

Предмет исследований – видовой, фитоценотический состав и распределение растений района исследования.

Цель работы: изучение видового и ценотического состава, распределения высших сосудистых растений Юннатского пруда.

Задачи:

1. Обследование водоёма, измерение и определение основных его физических параметров, определение типа зарастания водоёма.

2. Исследование распределения высших сосудистых растений: картирование растительности водоёма.

3. Сбор гербария и его определение.

4. Составление флористического списка высших сосудистых растений.

5. Экологическая классификация водных растений Юннатского пруда

Обследование водоема показало, что Юннатский пруд испытывает большую рекреационную нагрузку. Это, в свою очередь, приводит к зарастанию.

В ходе гидрботанического обследования водоема выявлены 26 вида водных растений. Во флористический список вошли гидрогелофиты, ризогидрофиты, гигрогелофиты и мезофиты. Преобладающими являются гигрогелофиты с экоморфой фоллииды.

Картирование места зарастания выявило высокую мозаичность растительности и прибрежно-поясной тип зарастания.

Информация, которая была получена при исследовании, станет началом комплексного мониторинга водоема и дальнейшего сравнительного анализа в ходе постоянно действующей сукцессии.

ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS*

Оглоблин И.К.

Объединение «Водная экология» МАОУ ДОД «Дворца творчества»
г. Иркутска, 7 класс.

Руководители работы: Глызин А.В., к.б.н., педагог дополнительного образования
МАОУ ДОД «Дворца творчества» г. Иркутска

Кудрявцева Ю.Н., учитель географии МБОУ СОШ № 75, г.Иркутск
glizin@mail.ru

Исследования последних лет показали, что губки представляют собой сложный симбиотический комплекс, включающий более сотни различных микроорганизмов – водоросли, бактерии и даже дрожжевые грибы. Отношение губки к водоросли обычно рассматривается как типичный симбиоз с выгодой для обеих сторон. Для симбиотического сообщества губок характерны гетеро-(как у животных) и автотрофный (как у растений) способы питания. Температура воды влияет на цикл развития сложного сообщества морских и пресноводных губок, живущих, в том числе в реках и озёрах. Исключительное значение для губок имеет движение воды.

Целью нашей работы было изучение водорослей, живущих клетках губки *Lubomirskia baicalensis* (Dybovski, 1880) и изучение возможностей её содержания в аквариуме. Наблюдение за ростом и развитием губок при точном контроле потока воды, освещения и температуре проводилось в течение 10 месяцев.

Исследования проводились с использованием проточной байкальской и водопроводной вод в экспериментальных аквариумных установках Лимнологического института СО РАН.

С помощью светового и электронного микроскопа мы увидели, что клетки симбиотических хлорелл одиночные и имеют шаровидную форму, и их диаметр колеблется от 1,5 до 15,0 мкм. Клетка водоросли покрыта плотной гладкой оболочкой, которая иногда ослизняется.

В результате изучения специальной литературы и проведенных экспериментов выяснилось, что:

- внутриклеточные микроорганизмы, живущие в клетках байкальских губок, мало изучены и систематическое положение многих точно не определено;

- вопросы взаимодействия между компонентами симбиотического сообщества остаются открытыми и поэтому требуют дальнейших исследований;
- количество клеток симбиотических водорослей в губке зависит от освещения;
- наиболее многочисленную группу одноклеточных организмов в клетке губки составляют зеленые водоросли, а эндосимбиотический образ жизни водорослей чаще всего приводит к частичной редукции их клеточных оболочек.

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИСКУССТВЕННОЙ ДЕФОЛИАЦИИ НА ПРИРОСТ ХВОИ, ПОБЕГОВ И КОЛИЧЕСТВО ХВОИ НА ПОБЕГЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Олинович Наталья

Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования Иркутской области «Центр развития дополнительного образования детей», школьное лесничество «Багульник», МБОУ лицей №2 г. Иркутска, 10 класс.

Руководитель: Хилханова Любовь Николаевна, педагог дополнительного образования, Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования Иркутской области «Центр развития дополнительного образования детей».

lyubovhilhanova@mail.ru

В настоящее время выделяют следующие причины массовой гибели лесов: пожары, незаконная рубка, вспышки размножения насекомых-дендрофагов, поражения болезнями, токсические промышленные выбросы и т.д.

Из этих причин три причины (пожары, вспышки размножения насекомых-дендрофагов, токсические промышленные выбросы) приводят к усыханию лесов, вызываемых дефолиацией деревьев (обесхвоивание). Совместное действие данных факторов на хвойные деревья увеличивает вероятность их необратимого ослабления.

Изучение вопросов жизнеспособности дефолированных деревьев важно для прогнозирования роста и восстановления кроны деревьев и исходя из этого – в целом продуктивности лесов.

Цель исследования – изучить, как влияет степень дефолиации на прирост хвои, побегов и количество хвои на побеге сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), исключая по возможности все ошибки опыта.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

1. Провести литературный обзор по теме
2. Провести искусственное моделирование разной степени дефолиации деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*)
3. Выявить влияние разной степени дефолиации на прирост хвои, побегов и количество хвои на побеге сосны обыкновенной с помощью математической обработки материала.

Практическая значимость работы состоит в том, что результаты исследования могут быть использованы при организации экологического мониторинга, осуществлении программ по сохранению биоразнообразия лесных экосистем Иркутской области.

Материалы, полученные в ходе исследования, используются руководителем в учебном процессе на занятиях школьного лесничества.

Проведя исследование, определили, что характеристики роста побегов и хвои из-за дефолиации значительно уменьшаются. Линейный прирост побега и количество хвоинок у полностью обесхвоенных деревьев на 40% меньше, у обесхвоенных наполовину деревьев – в среднем меньше на 20% по сравнению с контролем. Длина хвои у деревьев с различной степенью дефолиации различается между собой незначительно, а в отличие от контроля в среднем меньше на 23%.

В связи с тем, что мы старались исключить ошибки опыта, можем утверждать, что линейный прирост хвои, побегов и количество хвои зависит от степени дефолиации. Мы выяснили, каким образом линейный прирост хвои и побегов зависит от степени дефолиации.

Что же касается сроков отрастания побегов, удалось установить, что несмотря на уменьшение прироста побегов у дефолированных деревьев сосны, сроки остаются такими же, как у контрольных деревьев.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ДАФНИЙ

Парщиков И.Е., Глызина В.А.

Объединение «Водная экология» МАОУ ДОД «Дворца творчества» г. Иркутска, 7 класс.

Руководитель: Глызин А.В., к.б.н., педагог дополнительного образования МАОУ ДОД г. Иркутска

Кудрявцева Ю.Н., учитель географии МБОУ СОШ № 75, г. Иркутск
glizin@mail.ru

Дафния участвует в экспериментах в условиях космоса. Эти эксперименты проводятся для того, чтобы иметь возможность доставить живые экосистемы на другие планеты, туда должны входить не только рачки, но и рыбки и растения (www.portal.ru)

Так появилась **цель** - провести эксперименты по разведению дафний.

Условия содержания дафний были: корм: 3 грамма дрожжей, разведенных в теплой воде на 1 литр воды или 1 грамм водорослей хлорелла; кормление: 2-3 раза в неделю.

Плотность посадки: 10 штук/ 0,2 литра воды (стакан воды).

Проблемы при содержании (культивировании).

Важно не переусердствовать с добавлением грибов - дрожжей, излишки загрязнят среду и погубят культуру дафний. Однако они не настолько ценные с точки зрения питания для дафний как водоросли (рачкам требуется потребить большую массу дрожжей, чем водорослей для получения той же пищевой ценности). Бактерии имеют такую же питательную ценность, что и грибы, но они быстрее размножаются по сравнению с водорослями и грибами. Но мы их не брали из-за недостатка - быстро гниют.

Вода быстро загрязняется, если много животных, если часть животных не убирать - все умрут (быстрое старение культуры) и вода быстро зарастает водорослями.

Результаты экспериментальной работы

Эксперимент №1 Кормление дафний дрожжами и содержание в разных условиях освещения

Время эксперимента (сутки)	Количество дафний (время освещения)		
	4 часа/сутки	12 часов/сутки	24 часа/сутки
0	10	10	10
3	10	10	8
7	5	18	15
14	1	22	31
21	0	39	43

Эксперимент №2 Кормление дафний водорослями и дрожжами при одинаковых условиях

Корм	Количество дафний		
	начало	Через 7 дней	Через 21 день
Водоросли	10	6	17
Дрожжи	10	15	36
Смесь дрожжи и водоросли	10	14	30

Выводы:

- Наш эксперимент длился 21 день. За это время больше всего вылупилось дафний в банках, которые освещались 24 часа появилось 33 молодых дафнии.
- Дафний будет больше, если их кормить только дрожжами.
- Важно освещать аквариум с дафниями не менее 12 часов в сутки.
- Молодые рачки появляются через 5-8 дней при хороших условиях их содержания (питание, свежая вода, кислород, освещение).

ВЛИЯНИЕ ГАЗИРОВАННЫХ НАПИТКОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Ряжкина Юлия

МБОУг. Иркутска СОШ № 73, 9 класс

Руководитель работы: Макарова Галина Ильинична, учитель химии МБОУг. Иркутска СОШ № 73

В наше время на прилавках магазинов много газированных напитков. Молодежь 21 века употребляет, их не задумываясь о составе продукта, о том приносит ли он пользу или вред.

Гипотеза: Предположим, что газированная вода вредна для организма.

Цель работы:

Изучить состав газированных напитков. Убедиться в их отрицательном влиянии на здоровье человека.

Проведя социологический опрос выяснила, что наиболее популярны среди газированных напитков у учащихся нашей школы являются Кока-Кола, Фанта, Гелиус.

В наше время уже мало кто знает, что появлением столь популярных газированных напитков человечество обязано Джозефу Пристли. Первая бутылка питьевой газированной воды была изготовлена им 1767 г.

В 1850 году русские выпивали около по 0,3 литра газированных напитков в год. На сегодняшний день, в среднем потребляется более 2,5 миллиарда литров в год.

Проведя сравнительный анализ газированных напитков по этикеткам, установила, что исследуемые образцы обладают достаточно схожими свойствами.

За счет присутствия в напитке Фанта, Гелиус лимонной кислоты, а в Кока-Коле ортофосфорной кислоты ржавчина растворяется, через неделю гвозди были очищены.

На основе эксперимента выяснила газированные напитки, наносят ущерб нашему организму:

- являются крупным источником калорий для организма.
- употребление газированных напитков может пагубно отразиться на зубной эмали, так как она может быть окрашена, а также разрушается под воздействием кислот, которые находятся в напитках.

Проба с яичной скорлупой

	Кока-Кола	Фанта	Гелиус
Масса яичной скорлупы, до опыта	0,4 г.	0,5 г.	0,6 г.
Масса яичной скорлупы, через 7 дней	0,35 г.	0,35 г.	0,55 г.
Цвет яичной скорлупы, через 7 дней	тёмно-коричневая	оранжевая	бледно-кремовая

- употребление газированных напитков с большим содержанием сахара негативно сказывается на наш организм и может привести к сахарному диабету.

Содержания сахара в газированных напитках

	Кока-Кола	Фанта	Гелиус
Общие сахара в 100 мл напитка	10,6 г.	11,6 г.	10,2г.
Количество сахара в 500 мл напитка	53г.	58г.	51г.
Суточная норма сахара (30-40грамм)	в 1,51 раз больше	в 1,66 раз больше	в 1,46 раз больше

В результате проделанной работы пришли к выводу, что газированная вода приносит вред нашему организму. Значит наша гипотеза о том, что газировка вредна подтвердилась. Кроме этого, теперь мы знаем, какое влияние она оказывает на детский организм. Об этом надо рассказать своим друзьям и одноклассникам.

КОРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

Стальмаков Вячеслав

МБОУ г. Иркутск, СОШ №73, 6 а класс

Руководитель работы: Макарова Галина Ильинична, учитель химии МБОУг.

Иркутска СОШ № 73

В окружающем нас мире происходят явления, которые связаны с коррозией металла. Коррозия металлов наносит огромные убытки экономике и экологии.

Цель работы: Экспериментально установить какие металлы, и при каких условиях подвергаются коррозии, а при каких условиях коррозия металлов замедляется.

Задачи работы:

1. Провести литературное исследование о коррозии металлов.
2. Поставить опыты по коррозии металлов.

Коррозией металлов называют самопроизвольный процесс разрушения металлов или сплавов на их основе под действием окружающей среды. Коррозия металлов чаще всего сводится к их окислению и превращению в оксиды. $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

В ходе работы проведены опыты:

Из результатов опытов можно сделать вывод:

1. активные металлы: железо, цинк, магний подвергаются коррозии, а малоактивные - медь не подвергаются. Не подвергается коррозии и алюминий, так как он покрыт оксидной пленкой.
 2. скорость коррозии железа зависит от состава омывающей металл среды. Хлорид – ионы омывающей металл, кислород, находящийся в воде усиливают коррозию металлов, гидроксид - ионы ослабляют ее и являются ингибиторами, то есть замедлителями коррозии.
 3. коррозия металла резко усиливается, если он соприкасается с менее активным металлом, коррозия замедляется, если металл соприкасается с более активным металлом.
- О том, что с коррозией металлов можно бороться убедился, проведя опыте.

1. Коррозия различных металлов в электролите.

№	Металл	Электролит	Вывод
1.	Al	NaCl	Не подвергается коррозии.
2.	Fe	NaCl	Подвергается коррозии.
3.	Cu	NaCl	Не подвергается коррозии.
4.	Zn	NaCl	Подвергается коррозии.
5.	Mg	NaCl	Подвергается коррозии.

2. Коррозия железа в различных средах.

№	Металл	Среда	Вывод
1.	Fe	H ₂ O	Железный гвоздь покрылся ржавчиной
2.	Fe	NaCl	Железный гвоздь покрылся ржавчиной
3.	Fe	HCl	Железный гвоздь почернел, выделяется водород.
4.	Fe	NaOH	Железный гвоздь не подвергается коррозии.
5.	Fe	H ₂ O(кипячённая)	Железный гвоздь покрылся ржавчиной в меньшей мере, чем в 1 случае.

3. Влияние различных металлов на коррозию железа.

№	Металл	Электролит	Вывод
1.	Fe + Zn	NaCl	Железо не подвергается коррозии, а окисляется цинк
2.	Fe + Al	NaCl	Железо не подвергается коррозии, а окисляется алюминий
3.	Fe + Cu	NaCl	Железо подвергается коррозии, а медь не подвергается коррозии.
4.	Fe + Mg	NaCl	Железо не подвергается коррозии, а окисляется магний
5.	Fe	NaCl	Подвергается коррозии.

СОДЕРЖАНИЕ ЯЩЕРИЦ И МОЛЛЮСКОВ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Сыроежко Р.П.

Объединение «Водная экология» МАОУ ДОД
«Дворца творчества» г. Иркутска, 6 класс.

Руководитель работы: Глызин А. В., к.б.н., педагог дополнительного образования
МАОУ ДОД «Дворца творчества» г. Иркутска
glizin@mail.ru

Содержать ящерицу – это сложное и ответственное дело, которое требует много знаний о ящерицах, условиях их жизни, а также постоянного ухода.

Объект исследования: Ящерица живородящая *Zootoca vivipara* (Lichtenstein, 1823).

Цель работы - изучение возможности содержания ящериц, живущих до этого в дикой природе.

Задачи:

- узнать какие ящерицы водятся в Иркутской области;
- определить вид пойманной мною ящерицы и дать её сравнительную характеристику;
- узнать какие можно создать необходимые условия для жизни ящерицы в домашних условиях.

Ящерицы нуждаются в защите и бережном отношении человека, особенно их некоторые виды. Уничтожая в большом количестве опасных для леса и посевов насекомых, беспозвоночных и контролируя тем самым их численность, ящерицы приносят существенную пользу сельскому и лесному хозяйству.

Выводы.

1. Живородящую и прыткую ящериц интересно и возможно содержать в неволе. Они привлекают внимание своим нравом и способностью быстро приручаться.

2. Завести в доме ящерицу может каждый желающий, а вот создать условия для ее

нормальной жизни смогут только очень увлеченные, дисциплинированные, терпеливые и ответственные люди.

3. Из моего первого опыта я понял, как правильно создать условия для жизни ящерицы в моем доме. Я буду дальше изучать ящериц, и готовится к встрече с другим питомцем, который проживет у меня долго.

Я думаю, что эта работа будет интересна моим сверстникам и просто интересующимся людям.

ВЫБОР ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ МЕСТНЫХ ВОДОЕМОВ ДЛЯ КРУГЛОГОДИЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ

Ткалич К.Н.

Объединение «Водная экология» МАОУ ДОД «Дворца творчества» г. Иркутска,
7 класс.

Руководители работы: Глызин А. В., к.б.н., педагог дополнительного образования
МАОУ ДОД «Дворца творчества» г. Иркутска

Кудрявцева Ю.Н., учитель географии МБОУ СОШ № 75, г.Иркутск
glizin@mail.ru

При создании и содержании аквариума нельзя забывать и о растениях. Растительный мир наших местных водоемов столь богат и разнообразен, что нет нужды искать растения на стороне. Выбор местных водных растений в летнее время достаточно велик и разнообразен. К сожалению, многие из них с наступлением зимы отмирают, оставляя после себя семена или почки. Вот почему особенно ценными являются такие растения которые зимой в условиях аквариума продолжают нормально жить и развиваться.

Цель работы подобрать такие местные растения, которые хорошо чувствуют себя в аквариуме круглый год.

Нами были проведены эксперименты с водными растениями, обитающими в прибрежной зоне озера Байкал и близлежащих к нему мелководных озер.

Лучшие результаты показали следующие растения.

Кувшинка *Nymphaea candida J. Presl.* В аквариуме кувшинка может чувствовать себя хорошо всю зиму. Однако прежде чем посадить в грунт, ее надо тщательно промыть, убрать подгнившие листья и покороче подрезать корни. Когда в аквариуме созданы благоприятные условия, кувшинка быстро растет и зацветает. Как показали наблюдения, лучше приживается кувшинка, выращенная из семян в аквариуме.

Кубышка *Nuphar pumila (Timm) DC.* Аквариум должен быть достаточно освещен, тогда кубышка хорошо растет и даже зацветает желтыми, похожими на крупный лютик цветами. Семена кубышки, так же как и кувшинки, надо собирать осенью.

Ряска *Lemna trisulca.* Это растение обычно заносится в аквариум с живым кормом или с другими растениями. Зеленые округлые пластинки ряски постепенно заполняют всю поверхность воды в аквариуме. Размножается очень интенсивно при верхнем свете. В малом количестве ряска для аквариума не вредна. Зимой она развивается лишь при условии дополнительного искусственного освещения.

Роголистник *Ceratophyllum demersum L.* Листья этого водного растения благодаря большой их рассеченности обладают свойством очищать воду. На листья оседает муть. Стоит положить в мутную воду несколько веточек роголистника, как через несколько часов она станет прозрачной и чистой. Но прежде, чем вносить роголистник в аквариум, надо тщательно промыть растение проточной водой. Чтобы роголистник хорошо развивался и рос в аквариуме, надо, как только он дорастет до поверхности воды, подрезать его снизу и углубить в грунт, чтобы верхушка роголистника не касалась верхнего слоя воды. Кроме того, рекомендуется реже менять воду. Роголистник – растение исключительно полезное не только для аквариумов с обитателями из местных водоемов. Он служит и для икротетания многих экзотических рыб.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРИБРЕЖНЫХ ВОД В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Усова П.В.

МБУ ДО «Центр внешкольной работы», 10 класс, Красноярский край, Тасеевский район, с. Тасеево

Руководитель работы: Соловьев А.Ф., педагог дополнительного образования МБУ ДО «Центр внешкольной работы»

cwr39164@yandex.ru

В данной научно-исследовательской работе описываются результаты, полученные по итогам экологической экспедиции школьников на оз. Байкал, испытывающим все более увеличивающуюся антропогенную нагрузку. В ходе экспедиции проводились органолептические исследования байкальской воды, попутно проводился отбор проб для дальнейших гидрохимических исследований в лаборатории. Точки отбора проб были выбраны таким образом, чтобы в последующем можно было сравнить качество байкальской воды на участках со значительной антропогенной нагрузкой и в местах, где эта нагрузка не столь велика.

Цель: выявление степени антропогенного загрязнения прибрежных вод в юго-западной части озера Байкал.

Задачи:

1. Изучить физико-географические особенности экосистемы озера Байкал;
2. Охарактеризовать экологические проблемы озера Байкал и меры, предпринимаемые для его защиты;
3. Исследовать органолептические и гидрохимические показатели проб, взятых в ходе экологической экспедиции;
4. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Объект исследования: природная вода озера Байкал.

Предмет исследования: органолептические и гидрохимические показатели прибрежных вод озера.

Органолептический анализ не выявил различий в исследуемых пробах воды взятых в юго-западной части озера Байкал, одновременно указав на высокое её качество.

Проведённые гидрохимические исследования проб выявили некоторое превышение массовой концентрации ионов кальция и значения общей жесткости у г. Слюдянка по сравнению с другими пробами, что предположительно может быть связано с карстовыми процессами в бассейне р. Слюдянка и р. Похабиха, протекающими через город.

В целом же существенных аномалий в значениях: рН, массовой концентрации главных ионов, общего железа, суммы тяжелых металлов (Cu,Zn,Pb), ионов фосфора и фтора в исследуемых пробах не выявлено. Прочие некоторые имеющиеся различия в значениях, скорее всего, объясняются погрешностями при анализе.

Выявлено существенное превышение, практически в несколько раз, значений массовой концентрации нитратов в районе г. Слюдянка, что свидетельствует о давнем локальном загрязнении байкальских вод промышленными и бытовыми стоками. Точка отбора пробы в г. Слюдянка расположена в 1,6 км от места сброса гордских сточных вод. Кроме того, выявлена некоторая аномалия превышения аммония и нитритов в прибрежных водах у населенных пунктов: с. Большое Голоустное, п. Большие Коты, п. Байкал и г. Слюдянка и по непонятным причинам в пади Малая Кодильная. Учитывая неустойчивость ионов аммония и нитрит-иона, это может указывать на свежее локальное загрязнение прибрежных вод хозяйственно-бытовыми стоками в перечисленных населенных пунктах.

Выводы: 1. Проанализировав ряд источников, мы выяснили, что во многом на высокое качество воды озера Байкал влияет геологическое строение водосборного бассейна Байкала, состоящие в основном из труднорастворимых метаморфических и магматических горных пород. Кроме того, на качество воды оказывает влияние созданная природой система самоочищения байкальских вод, основанная на активном участии в этом процессе многих животных и растений озера Байкал, а также за счет перемешивание глубинных и поверхностных вод озера.

2. Изучив информацию об экологических проблемах озера Байкал, мы узнали также об основных источниках загрязнения данного водоема. Проблемы напрямую связаны с деятельностью человека. К счастью, предпринимаются определенные меры по защите сибирского моря.

3. Выявлены аномалии в содержании биогенных элементов антропогенного происхождения. Таким образом, можно говорить о наличие локального загрязнения прибрежных вод озера Байкал биогенными элементами у населенных пунктов, расположенных на его берегах. Причем степень загрязнения увеличивается в зависимости от увеличения масштабов поселения.

В настоящее время озеро Байкал пока справляется с антропогенной нагрузкой на его экосистему и, в первую очередь, благодаря огромной массе воды, в которой многократно разбавляются привнесенные извне загрязнения. Однако нельзя забывать, что в уникальной и сложной экологической системе Байкала все взаимосвязано, и нарушение какой-либо его части может повлечь необратимые последствия для всей его экосистемы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОДЕРЖАНИЯ И КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БАЙКАЛЬСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА SPIROGYRA LINK

Шагдарон Я.Д.

Объединение «Водная экология» МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутск 7
класс МБОУ СОШ № 75 г. Иркутска

Руководители: Глызин А.В., к.б.н., педагог дополнительного образования
МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутска

Кудрявцева Ю.Н., учитель географии МБОУ СОШ № 75, г. Иркутск
glizin@mail.ru

До последнего времени ведущую роль в создании первичной продукции в литоральной зоне озера Байкал играли: улотрикс, тетраспора и драпарнальдиоидес. В первом поясе основным первичным продуцентом являлась *Ulothrix zonata* (Web. et Mohr) и эпифитные диатомовые водоросли. В последние годы изучая прибрежную зону Байкала ученые выявили, что на глубинах от 0,3 до 3,0 м во второй половине лета – осенью доминируют ранее несвойственные для озера виды рода *Spirogyra* Link (10 видов). В 2014 году заросли спирогиры плотным ковром покрыли каменистое дно во многих местах восточного побережья Байкала. Один из видов был определен как *Spirogyra fluviatilis* Hilse.

Цель работы – собрать сведения по эколого-физиологическим особенностям водорослей рода *Spirogyra* Link необходимые для культивирования её в условиях ЦКП «Пресноводный аквариумный комплекс» ЛИН СО РАН.

Задачи: изучить эколого-биологические характеристики доминирующей макроводоросли оз.Байкал *Ulothrix zonata* и *Spirogyra fluviatilis*; определить оптимальные условия для развития *Spirogyra fluviatilis* Hilse; поставить эксперимент по содержанию *S. fluviatilis* в искусственных условиях. Работа выполнена в ЦКП «Пресноводный аквариумный комплекс» ЛИН СО РАН в сентябре – ноябре 2014 года.

Результаты: На основании изучения литературных источников были выбраны условия содержания и культивирования *S.fluviatilis*. В качестве питательного раствора была выбрана жидкая минеральная среда Громова (Громов,1983) и байкальская вода.

При выращивании *S.fluviatilis* в среде Громова водоросли имели зеленую окраску, нити были прямыми. Она хорошо культивируется на данной среде. Водоросли не только активно развивались, но и наблюдались стадии конъюгации и спорообразования, сокращение периода покоя зигот и их прорастание на 7-8 день. В процессе содержания водорослей выявлено, что ширина клеток при их росте изменялась незначительно, а длина увеличивалась в два раза.

При культивировании в байкальской воде с разной концентрацией моющих веществ содержащих фосфор водоросли также имели зеленую окраску, но нити их при быстром росте свертывались в колечки размером 4-5 см. Быстрый рост спирогиры в байкальской воде с моющими веществами соответствуют мнению ученых что причиной массового размножения спирогиры в летний период может быть многолетний сброс в Байкал плохо очищенных бытовых стоков, богатых биогенными элементами (азотом и фосфором). Исследования в этом направлении будут продолжены.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ

Янушко К. В.

Объединение «Водная экология» МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутск,
9 класс МБОУ СОШ № 75 г. Иркутска

Руководители: Глызин А.В., к.б.н., педагог дополнительного образования
МАОУ ДОД «Дворец творчества» г. Иркутска

Кудрявцева Ю.Н., учитель географии МБОУ СОШ № 75, г.Иркутск
glizin@mail.ru

Как отмечено в «Стратегии развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 года», в условиях, когда рыбные запасы внутренних водоемов находятся в критическом

состоянии, единственным надежным источником увеличения объемов пищевой рыбопродукции является аквакультура. В настоящее время среди всей ихтиофауны Байкальского региона особое место в питании местного населения занимает байкальский омуль. Нами проанализирован опыт работы рыбопроизводных заводов Байкальского региона. Гидрологические условия позволяют проводить подращивание личинок байкальского омуля на всех ныне существующих рыбопроизводных заводах. Для чего мы считаем целесообразно использовать плавающие автономные разборные садки. Подращивание молоди омуля предполагается проводить в таких садках, установленных в водоеме в период с 25-30 мая по 30 августа. По достижению навески 0,3-0,5 г подрощенная молодь будет выпускаться в водохранилища. Выпуск молоди омуля, подрощенной таким образом значительно эффективнее, чем выпуск на стадии личинки.

Наши расчеты показывают, что если норма посадки в одном садке составит 100 тыс. шт. личинки, то при стандартном проценте (5%) промвозврат составит 5000 шт. А по достижению рыбой товарной зрелости до 0,4 кг – можно будет получить до 2 тонн рыбы. Для сравнения, при выпуске такого же количества омуля в водохранилища на стадии личинки, промвозврат составит всего 4 кг, что в 500! раз меньше. И это только с одного садка! Так при выборе более эффективного способа подращивания, обеспечивающего достаточно высокий выход подрощенных мальков, даст возможность обходиться значительно меньшими объемами заготавливаемой икры.

Таким образом, подращивание личинки сиговых, в частности байкальского омуля, является перспективным направлением в области рыбопроизводства в Байкальском регионе.

Для успешного содержания эндемичных видов байкальских промысловых видов рыб и контроля за их состоянием необходимо применение комплекса современных методов исследования, позволяющих быстро и с высокой чувствительностью мониторировать состояние рыб и изменять условия содержания их аквакультуры. Создание экологически чистых, высокорентабельных рыбопроизводных предприятий с использованием современных методов мониторинга в Байкальском регионе: сохранит уникальность экосистем бассейна озера Байкал, способствует восстановлению природной популяции байкальских промысловых видов рыб, совершенствует условия формирования нового рыночно-регулируемого экономического механизма производства аквакультуры.

**PROCEEDINGS OF THE FOURTH BAIKAL SYMPOSIUM ON
MICROBIOLOGY (BSM-2015) «MICROORGANISMS AND VIRUSES
IN AQUATIC ECOSYSTEMS»**

**Материалы 4-ГО БАЙКАЛЬСКОГО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО
СИМПОЗИУМА С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«МИКРООРГАНИЗМЫ И ВИРУСЫ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ»**

**ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ
СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ В РЕКЕ АМУР В
ПЕРИОД НАВОДНЕНИЯ 2013**

Андреева Д.В.

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

e-mail: freckles2008@yandex.ru

Абстракт:

Обсуждаются результаты микробиологических исследований процесса сульфатредукции в р. Амур в период наводнения 2013 года.

Ключевые слова:

сульфатредуцирующие бактерии, река Амур, наводнение

Экстремальное наводнение в среднем и нижнем течениях реки Амур 2013 года было наиболее крупным за весь период наблюдений. В период паводков основными показателями загрязнения водной среды являются содержание и химический состав взвешенных веществ. Взвешенные вещества, выносимые с поверхностным и речным стоком крупных притоков, мигрируют по основному руслу Амура и принимают участие в формировании донных отложений. В результате происходит поступление органических веществ и различных элементов в водную экосистему. При этом активизируются биогеохимические процессы деструкции различных органических веществ, и изменяется качество воды.

Поэтому изучение биогеохимических процессов в период паводков на р. Амур можно отнести к приоритетным направлениям исследования механизмов формирования качества природных вод в Приамурье.

При эвтрофировании водных экосистем и дефиците кислорода в придонных слоях воды и донных отложениях активизируются процессы восстановления органических веществ, в которых принимают участие сульфатредуцирующие бактерии (СРБ). От их активности зависит ряд биогеохимических процессов в контактной зоне вода-дно и окислительно-восстановительные условия в водной среде и донных отложениях.

Цель настоящих исследований состояла в определении содержания органических веществ и численности СРБ на разных участках р. Амур в период наводнения 2013 года.

Сульфатредукторов выделяли методом глубинного посева на агаризованную среду Морриса и выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ/мл).

Для оценки содержания органических веществ в воде р. Амур был использован спектрофотометрический метод, который позволяет определить суммарное содержание растворенных органических веществ при 254 нм (SAC_{254}) [1]. Определение этого показателя проводили на спектрофотометре Shimadzu UV-3600.

В марте 2013 г. в результате проведенных микробиологических исследований выявлена низкая численность СРБ (16,3 – 78,7 КОЕ/мл) и низкий показатель SAC_{254} в воде р. Амур во всех исследуемых створах.

В июне 2013 г. на начальном этапе формирования наводнения, когда уровень воды в р. Амур у г. Хабаровска составлял 402 см, численность СРБ в исследуемых створах увеличилась в 2-16 раз, показатель SAC_{254} в 1,6 раза. Так, например, у левого берега Пемзенской протоки численность сульфатредукторов составляла 267,2 КОЕ/мл вместо 16,3 КОЕ/мл (март 2013 г.). Тренд увеличения численности СРБ в Пемзенской протоке сохранялся от правого берега к левому на протяжении всего периода исследований. Это связано с распространением вдоль левого берега органических веществ растительного происхождения, поступающих при сбросах воды из Бурейского и Зейского водохранилищ.

В августе 2013 г., когда уровень воды в р. Амур у г. Хабаровска составлял 673 см, численность СРБ на всех исследуемых створах продолжала увеличиваться, достигая высоких значений (523,0 КОЕ/мл) у правого берега в районе г. Хабаровска. Это свидетельствует о распределении органических веществ техногенного происхождения вдоль правого берега на этом участке реки.

В сентябре 2013 г., когда уровень воды в р. Амур у г. Хабаровска понизился до 508 см, зарегистрирована максимальная численность СРБ в р. Амур ниже моста на середине реки (1227,0 КОЕ/мл). Так как в период наводнения была затоплена не только пойма на глубину 2-3 м, но и местами вода вышла за ее пределы, разлившись на обширных понижениях Среднеамурской низменности, активно происходили процессы микробиологической деструкции органических веществ, входящих в состав затопленных почв и растительных остатков, и происходило увеличение численности сульфатредукторов.

В октябре 2013 г., когда уровень воды в р. Амур достиг 243 см, во всех исследуемых створах произошло снижение численности СРБ и снижение содержания растворенных органических веществ.

Микробиологические исследования, проведенные на р. Амур в 2013 году показали, что качество воды существенно изменялось во время катастрофического наводнения. На прибрежных участках р. Амур в районе г. Хабаровска на качество воды влияют разные источники загрязнения: вдоль левобережной части распространяются гумифицированные органические вещества, поступающие при попусках воды из Зейского и Бурейского водохранилищ, вдоль правобережной части – воды, загрязненные органическими веществами антропогенного характера, поступающие со стоком р. Сунгари.

Список литературы:

1. Thomas O. and Burgess C. UV-visible spectrophotometry of water and wastewater. Elsevier. 2007. P. 360.

THE INFLUENCE OF ORGANIC MATTERS ON THE NUMBER SULPHATE-REDUCING BACTERIA IN THE AMUR RIVER DURING FLOOD IN 2013

Andreeva D.V.

Institute of water and ecology problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

e-mail: freckles2008@yandex.ru

Abstract:

The article discusses the results of microbiological researches of the sulphate reduction process in the during flood of the Amur River.

Key words:

sulphate-reducing bacteria, Amur River, flood

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДЛЕДНЫХ СООБЩЕСТВ ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Башенхаева М.В., Захарова Ю.Р., Ханаев И.В., Лихошвай Е.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: maria.bashenkhaeva@gmail.com

Абстракт:

Под ледом озера Байкал формируется особый экотоп, который включает микроводорослей, простейших и бактерий. Бактерии наряду с микроводорослями являются неотъемлемой частью сообщества и играют важную роль в обороте органических компонентов. В данной работе описаны структурно-функциональные характеристики бактерий, входящие в состав подледных сообществ озера Байкал.

Ключевые слова:

подледные сообщества, пиросеквенирование, 16S рПНК, *Pseudomonas*

Подледная среда это сложная динамичная экосистема, в которой за счет низкой температуры, подледных течений, изменения концентрации питательных веществ, изменения толщины снежного покрова происходит формирование разнообразного, приспособленного к этим условиям сообщества. Несмотря на низкую температуру, бактерии проявляют высокую ферментативную активность [2, 4], а их общая численность составляет несколько порядков выше, чем в свободный от ледового покрова период [3, 5]. Данная работа направлена на изучение бактерий, выделенных из сообществ на границе раздела фаз лед/вода озера Байкал.

Отбор подледных проб проводила группа аквалангистов ЛИН СО РАН в Южном Байкале в марте–апреле 2011 года. Общая численность бактерий была подсчитана методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием флуорохромного красителя ДАФИ (4,6-диамино-2-фенилиндол). Культивирование бактерий проводили на диатомовом агаре (ДА) и рыбо-пептонном агаре, разведенном в 10 раз (РПА/10) при 4°C.

Определяли морфологию клеток и ферментативную активность. Для идентификации изолятов был секвенирован ген 16S рРНК (ЦКП Геномика, Новосибирск) и проведено сравнение полученных данных, используя инструмент BLAST. Для пиросеквенирования была выделена суммарная ДНК из проб подледных сообществ. Пиросеквенирование фрагментов гена 16S рРНК осуществляли на платформе GS FLX 454 Roche. Анализ данных проводили при помощи программного пакета Mothur 1.19.0.

В подледный период в 2011 году максимальная общая численность бактерий составляла $2,1 \times 10^6$ кл/мл. Всего было культивировано 120 штаммов. Численность культивируемых бактерий варьировала на среде ДА от 2 до 12584 КОЕ/мл; на РПА/10 – от 2 до 20176 КОЕ/мл. По морфологии клетки делились на палочковидные, кокковидные и овоидные формы. По результатам BLAST анализа большинство штаммов принадлежало к роду *Pseudomonas*. Ферментативная активность была определена по качественной реакции у 35 штаммов. Большинство изученных штаммов обладали ферментативной активностью: амилолитической активностью – 11,4%; фосфолипазной – 48,9%; казеиназной активностью – 62,9% и 57,1% штаммов были способны к разжижению желатины. Из всех анализируемых штаммов 63% обладали множественной ферментативной активностью. В результате пиросеквенирования фрагментов гена 16S рРНК с последующим метагеномным анализом 9 проб подледных сообществ 2011 года проанализировано свыше 36,000 последовательностей, которые группировались в 22 филума и 161 род. Наибольшую долю в сообществе составляли представители филумов *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes* и *Cyanobacteria* [1]. По данным метагеномного анализа последовательности, относящиеся к роду *Pseudomonas*, отмечены как одни из доминирующих в составе сообществ.

Таким образом, наши результаты показали, что психрофильные бактерии из подледных сообществ озера Байкал обладают множественной ферментативной активностью, высокой численностью и принадлежат к роду *Pseudomonas*, представители которого способны к выживанию при низких температурах.

Список литературы:

1. Bashenkhaeva M.V., Zakharova Y.R., Petrova D.P., Khanaev I.V., Galachyants Y.P., Likhoshway Y.V. Sub-ice microalgal and bacterial communities in freshwater Lake Baikal, Russia // *Microbial Ecology*. 2015. doi:10.1007/s00248-015-0619-2.
2. Bowman J.P., McCammon S.A., Brown M.V., Nichols D.S., McMeekin T.A. Diversity and association of psychrophilic bacteria in Antarctic sea ice // *Applied Environmental Microbiology*. 1997. Vol. 63. № 8. P. 3068–3078.
3. Bunch J.N., Harland R.C. Bacterial production in the bottom surface of sea Canadian Subarctic // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1990. Vol. 47. P. 1986–1995.
4. McConville M.J., Wetherbee R. The bottom-ice microalgal community from annual ice in the inshore waters of East Antarctica // *Journal of Phycology*. 1983. Vol. 19. P. 431–439.
5. Smith R.E.H., Clement P., Cota G.F. Population dynamics of bacteria in Arctic Sea Ice // *Microbial Ecology*. 1989. Vol. 17. P. 63–76.

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF SUB-ICE COMMUNITIES FROM LAKE BAIKAL

Bashenkhaeva M.V., Zakharova Y.R., Khanaev I.V., Likhoshway Y.V.

Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
e-mail: maria.bashenkhaeva@gmail.com

Abstract:

A special ecotope is formed under the ice of Lake Baikal that includes microalgae, protozoa and bacteria. Bacteria along with the microalgae are an important member of the community and play a major role in turnover of the organic components. Our work describes the structural and functional characteristics of bacteria belonging to the sub-ice communities of Lake Baikal.

Keywords:

Sub-ice community, microalgae, bacteria, Lake Baikal, pyrosequencing

ДВЕ СТРАТЕГИИ ВЫЖИВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В БИОПЛЕНОЧНЫХ АССОЦИАЦИЯХ

Белькова Н.Л., Суханова Е.В., Штыкова Ю.Р., Парфенова В.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: nbelkova@gmail.com

Абстракт:

Исследовано разнообразие, структура микробных сообществ в биопленках, сформированных на твердых субстратах. Изучено разнообразие культивируемых гетеротрофных микроорганизмов, их физиолого-биохимические характеристики. Рассмотрены разные стратегии их выживания в условиях олиготрофного водоема и при формировании биопленок.

Ключевые слова:

биопленки, гетеротрофные микроорганизмы, стратегии выживания, озеро Байкал

Биопленка – это хорошо организованное, взаимодействующее сообщество микроорганизмов, широко распространенное в природе. Они формируются в условиях текучести, на границе раздела фаз. В настоящее время считают, что 99% бактерий существуют в природных экосистемах в виде не свободно плавающих клеток, а специфически организованных, прикрепленных к субстрату биопленок, а сами бактерии составляют 5–35% ее биомассы. Очевидно, что рост в сообществе экологически более выгоден микроорганизмам, чем жизнь в виде отдельной клетки. Изучение и понимание фундаментальных экологических механизмов функционирования биопленок позволит разработать новые стратегии управления или борьбы с ними.

Экологические преимущества существования бактерий в виде биопленки состоят, прежде всего, в облегчении доступа питательных веществ, метаболической кооперации организмов и защите клеток от негативных воздействий окружающей среды. В естественной водной среде обитания бактерии подвергаются воздействию множества стрессовых факторов и способны гибко к ним адаптироваться. Известно, что в олиготрофных экосистемах концентрации органического углерода и субстратов очень низкие (1–2 мг/л) и только 5–36% от этого количества рассматривается как лабильное вещество, поэтому гетеротрофные микроорганизмы имеют генетически закрепленные механизмы выживания. Культивирование их в лабораторных условиях показывает, что, не смотря на наличие необходимых органических компонентов для роста и развития в составе богатых питательных сред, высокая их концентрация является лимитирующим фактором и причиной низкой общей численности гетеротрофов (ОЧГ). Максимальные значения ОЧГ получены на средах с низкой концентрацией питательных веществ и наличием минеральных добавок, что объясняется содержанием в их составе всех необходимых компонентов для быстрой адаптации и роста микроорганизмов. Кроме того, на этих средах отмечаются высокие значения эффективности роста медленно растущих форм микроорганизмов.

Разнообразие культивируемых гетеротрофных бактерий, выделенных как из прибрежной зоны озера, так и из биопленочных ассоциаций на твердых субстратах, составляют типичные представители фил: Протеобактерии (классы Альфа-, Бета- и Гаммапротеобактерии), Бактероидетес, Актинобактерии и Вирмикуты. Изучение их морфолого-биохимических признаков позволило охарактеризовать две группы микроорганизмов, встречающихся в разных филогенетических группах: штаммы, показывающие высокий уровень активности внеклеточных ферментов, особенно амилазы и протеаз, и штаммы, проявляющие сильные антагонистические свойства как по отношению к тест-культурам, так и другим природным штаммам.

Следует отметить, что в биопленочных ассоциациях, формирующихся в олиготрофных условиях, на микроорганизмы действует два основных стрессовых фактора: высокая численность и разнообразие бактериальных форм. Таким образом, можно предположить, что гетеротрофные бактерии имеют генетически закреплённую специфическую организацию метаболизма – способность продуцировать широкий спектр внеклеточных ферментов, осуществляющих деструкцию разных питательных субстратов. Именно эта способность в биопленочных ассоциациях, формирующихся в олиготрофных условиях пресноводного водоема, обеспечивает этой группе бактерий преимущества в конкурирующих условиях за субстрат выживать в условиях высокой численности и разнообразия. С другой стороны, продукция внеклеточных метаболитов, ингибирующих рост и развитие разных групп грамположительных, грамотрицательных бактерий и некоторых низших эукариотических грибов, способствует выживанию второй группы бактерий. Благодаря наличию этой способности осуществляется механизм регулирования численности определенных бактериальных групп в биопленочных ассоциациях.

Работа поддержана Бюджетным проектом ЛИИ СО РАН VI.55.1.3.

TWO STRATEGIES OF MICROORGANISMS SURVIVAL IN BIOFILM ASSOCIATIONS

Belkova N.L., Sukhanova E.V., Shtukova Yu.R., Parfenova V.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

e-mail: nbelkova@gmail.com

Abstract:

The diversity and structure of microbial communities in biofilms formed on solid substrates have been investigated. Diversity, physiological and biochemical characteristics of cultured heterotrophic microorganisms were studied. Different strategies for their survival in oligotrophic waters and during biofilm formation are discussed.

Keywords:

biofilms, heterotrophic bacteria, survival strategy, Lake Baikal

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ КИШЕЧНИКА АМУРСКОГО ОСЕТРА *ACIPENSER SCHRENCKII* И КАЛУГИ *HUSO DAURICUS*

Богатыренко Е.А.¹, Бузолева Л.С.^{1,2}, Быковская А.Н.¹

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

²ФГБНУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова СО РАМН, г.

Владивосток, Россия

e-mail: bogatyrenko.ea@dvfu.ru

Абстракт:

Впервые изучен состав сообществ культивируемых гетеротрофных бактерий кишечника осетровых рыб *Acipenser schrenckii* и *Huso dauricus*, выращенных в искусственных условиях. Несмотря на одинаковые условия содержания и кормления животных, состав их кишечной бактериофлоры имел существенные различия. Установлено, что у больных рыб значительно уменьшалось таксономическое разнообразие кишечной микробиоты по сравнению со здоровыми особями.

Ключевые слова:

таксономический состав, нормальная микрофлора, амурский осетр *Acipenser schrenckii*, калуга *Huso dauricus*

Осетровые рыбы калуга *Huso dauricus* и амурский осетр *Acipenser schrenckii* являются ценнейшими промысловыми видами, причем их вылов из естественных мест обитания практически полностью запрещен. В настоящее время запасы этих животных поддерживаются в основном за счет их разведения в рыбохозяйственных водоемах. Одной из ключевых проблем аквакультурных предприятий остается высокая смертность гидробионтов от различных инфекционных заболеваний. Искусственные условия воспроизводства рыб существенно отличаются от природной среды, что может серьезно негативно влиять на состояние животных, в том числе и на состояние их нормальной микрофлоры. И хотя уже известно, что естественный микробиоценоз кишечника рыб имеет большое значение для формирования устойчивости к заболеваниям и препятствует возникновению эпизоотий [1], в литературе отсутствуют данные по изучению состава нормальной микрофлоры осетровых рыб и ее изменению под действием инфекционных процессов.

В связи с этим, целью работы было изучить и сравнить состав бактериальных сообществ кишечника здоровых и больных особей амурского осетра *Acipenser schrenckii* и калуги *Huso dauricus*, выращенных в искусственных условиях.

Для этого образцы кишечника здоровых рыб и рыб с признаками патологических процессов (отсутствие аппетита, язвы на поверхности кожи, мелкие многочисленные опухоли вокруг рта, вялая консистенция тела рыбы), а также пробы воды с научно-исследовательской рыбопродукционной станции ТИНРО-Центра (Приморский край) высевали на МПА. Идентификацию полученных изолятов проводили с помощью готовых тест-систем API, BioMérieux (Франция).

Анализ полученных данных показал, что во всех объектах исследования преобладали представители семейства *Enterobacteriaceae* – роды *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Escherichia*, *Edwardsiella* и представители семейства *Moraxellaceae* – роды *Acinetobacter*, *Moraxella*. В воде и здоровых рыбах также были многочисленны представители родов *Acinetobacter*, *Flavobacterium* и *Aeromonas*.

Бактериальное сообщество воды характеризовалось более богатым таксономическим разнообразием по сравнению с бактериальными сообществами кишечника рыб. При этом все группы микроорганизмов, выделенные из кишечника рыб, были обнаружены и в воде, что свидетельствует о том, что микрофлора рыб формируется за счет микрофлоры воды. Указанный факт подтверждается данными других авторов [2,3]. Однако, несмотря на присутствие в пробах

воды представителей рода *Vibrio*, указанная группа микроорганизмов не была зафиксирована в образцах ни одного из видов рыб, что указывает на некоторую избирательность при формировании кишечной микробиоты животных.

В кишечнике амурского осетра было отмечено присутствие тех же групп микроорганизмов, что и в кишечнике здоровой калуги, а также бактерий, отнесенных к родам *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Citrobacter*. Следовательно, несмотря на одинаковые возраст, условия содержания и кормления гидробионтов, состав кишечной микрофлоры этих видов рыб имеет различия, что может быть связано с анатомическими или физиологическими особенностями организмов животных разных таксонов.

В кишечнике больных рыб наблюдалось резкое снижение числа различных родов по сравнению со здоровыми животными. Из состава кишечной микрофлоры больных особей исчезали представители родов *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Edwardsiella*, *Moraxella*.

Таким образом, показано, что уменьшение таксономического разнообразия бактерий в кишечнике осетровых рыб свидетельствует о неблагоприятном физиологическом состоянии гидробионтов. Данные признаки могут указывать на появление в среде возбудителей инфекционных заболеваний до массового распространения патологического процесса, а также могут быть использованы для оценки влияния любых других стрессовых факторов на животных.

Список литературы:

1. Уголев А.М., Кузьмина В.В. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 238 с.
2. Cahill M.M. Bacterial flora of fishes: a review // Microbiol. Ecology. 1990. Vol. 19. № 1. P. 21-41.
3. Olsen R. E., Sundell K., Hansen T., Hemre G. I., Myklebust R., Mayhew T. M. Acute stress alters the intestinal lining of Atlantic salmon *Salmo salar*: an electron microscopical study // Fish Physiology and Biochemistry. 2002. V. 26. P. 211-221.

STUDYING OF INTESTINAL BACTERIAL COMMUNITIES STRUCTURE OF THE AMUR STURGEON *ACIPENSER SCHRENCKII* AND KALUGA *HUSO DAURICUS*

Bogatyrenko E.A.¹, Buzoleva L.S.^{1,2}, Bykovskaya A.N.¹

¹Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

²G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Vladivostok, Russia
e-mail: bogatyrenko.ea@dvfu.ru

Abstract:

The structure of intestinal communities of cultured heterotrophic bacteria of the farmed sturgeons *Acipenser schrenckii* and *Huso dauricus* was studied for the first time. Despite identical farm conditions and feeding, the structure of sturgeons' intestinal bacterioflora had significant distinctions. It is established that diseased fish had low taxonomical diversity of intestinal microbiota as compared with healthy animals.

Keywords:

taxonomical structure, normal microflora, Amur sturgeon *Acipenser schrenckii*, kaluga *Huso dauricus*

ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА СОЛЕНОЕ (НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ) С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ

Брянская А.В.¹, Уварова Ю.Е.¹, Розанов А.С.¹, Малуп Т.К.¹, Лазарева Е.В.², Таран
О.П.³, Иванисенко Т.В.¹, Пельтек С.Е.¹

¹Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН, г.
Новосибирск, Россия

²Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск, Россия
e-mail: alla@bionet.nsc.ru

Абстракт:

Методом пиросеквенирования был изучен состав микробных сообществ воды, микробного мата и донных отложений озера Солёное (Новосибирская область). В воде озера было идентифицировано 50 операционных таксономических единиц (ОТЕ), принадлежащих прокариотам; в микробном мате – 81 ОТЕ; в колонках донных отложений – более в 390 ОТЕ. В воде и в микробном мате озера по относительной численности доминировали Cyanobacteria и Proteobacteria, в донных отложениях - Actinobacteria и/или Proteobacteria.

Ключевые слова:

Микробные сообщества, озеро Солёное, пиросеквенирование

Состав микробных сообществ озера Новосибирской области, на юго-востоке которой на небольшой территории сосредоточено несколько сотен озера с минерализацией,

достигающей 300 г/л, до настоящего времени практически не изучался. Впервые методом пиросеквенирования был изучен состав микробных сообществ воды, микробного мата и донных отложений одного из озер данного региона – озера Соленое. Озеро Соленое представляет собой идеальный объект для изучения состава и структуры микробных сообществ и влияния на них геохимических параметров. Озеро является не пересыхающим, но достаточно мелководным, чтобы его уровень существенно изменялся, характеризуется обильным развитием прибрежных циано-бактериальных сообществ и мощными органогенными илами.

Целью данного исследования было проведение подробного изучения структуры микробных сообществ воды, донных осадков и микробных матов озера Соленое методом пиросеквенирования и установление зависимостей между составом микробных сообществ и физико-химическими параметрами среды.

Таксономическую структуру сообществ изучали методом параллельного ампликон секвенирования варибельного участка V3 гена 16S рРНК. Одновременно были изучены гидрохимические параметры проб (рН, Eh, катионно/анионный состав, газовые компоненты).

В ходе молекулярно-генетического анализа в воде озера было идентифицировано 50 операционных таксономических единиц (ОТЕ), принадлежащих прокариотам. В микробном мате озера идентифицирована 81 ОТЕ, в каждой колонке донных отложений – более в 390 ОТЕ. В слоях колонок донных отложений в зависимости от глубины расположения исследуемого слоя количество обнаруживаемых ОТЕ было от 96 до 414.

Доля архейных ОТЕ в донных отложениях составляла 5,5 - 6,6%, в воде и микробном мате она была 2,0 и 1,2% соответственно.

В воде озера по относительной численности доминировали Cyanobacteria и Proteobacteria, составляя 64 и 27% последовательностей соответственно. В микробном мате доминировали представители тех же типов, однако количество цианобактерий уменьшилось, а протеобактерий увеличилось – 47 и 33% соответственно. На всем протяжении колонки донных отложений по относительной численности доминировали Actinobacteria и/или Proteobacteria. Распределение бактерий и архей, а также их численность в колонках донных отложений было неравномерным, поэтому расшифровка полученных данных является крайне интересным исследованием и требует учета выявленных закономерностей изменения геохимических характеристик в слоях колонок. Максимальные значения минерализации наблюдались в верхнем горизонте донных отложений и составляли 260 г/л, максимальные рН и Eh – в нижнем горизонте [1]. Изменению рН предшествовали значительные изменения в качественном и количественном содержании микроорганизмов. В колонке донных отложений выявлены слои, в которых происходят скачкообразные изменения геохимических характеристик. Наиболее сильные изменения происходят в средней части колонки на глубине 20-25 см, что частично совпадает с резкими изменениями в составе и численности доминирующих микроорганизмов.

Таким образом, изучение структуры микробных сообществ озера Соленое методом пиросеквенирования позволило впервые подробно описать структуру микробного сообщества одного из соленых озер Новосибирской области и выявить закономерности распределения разных групп микроорганизмов в воде, микробном мате и донных осадках. Мы предполагаем, что озеро Соленое может стать объектом изучения динамики развития микробных сообществ, процессов формирования донных отложений, источником потенциально полезных и уникальных микроорганизмов, генов и ферментов, и, наконец, источником информации о жизни внутриконтинентальных высокоминерализованных экосистем.

Работа поддержана Бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН VI.58.1.3.

Список литературы:

1. Лазарева Е.В., Брянская А.В., Таран О.П., Колмогоров Ю.П., Малуп Т.К., Пельтек С.Е., Жмодик С.М. Исследование распределения элементов между компонентами системы солёного озера методом РФА-СИ // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2012. № 12. С. 70-80.

CHARACTERISTICS OF MICROBIAL COMMUNITIES OF LAKE SOLENOYE (NOVOSIBIRSK REGION, RUSSIA) USING HIGH-THROUGHPUT SEQUENCING

Bryanskaya A.V.¹, Uvarova Y.E.¹, Rozanov A.S.¹, Malup T.K.¹, Lazareva E.V.², Taran O.P.³, Ivanisenko T.V.¹, Peltek S.E.¹

¹*Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia*

²*Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia*

³*Borekov Institute of Catalysis, SB RAS, Novosibirsk, Russia*

e-mail: alla@bionet.nsc.ru

Abstract:

The composition of microbial communities of water, microbial mats and sediments of Lake Solenoeye (Novosibirsk region) was studied by parallel amplicon sequencing of the variable region V3 of 16S rRNA gene. 50 operational taxonomic units (OTUs) belonging to prokaryotes were identified in the lake water, 81 OTUs were identified in the microbial mat, and more than 390 OTUs were found in sediment cores. It was found that the dominant groups in the water and microbial mat of the lake consist of representatives of Cyanobacteria and Proteobacteria and Actinobacteria and / or Proteobacteria were the dominant in sediments.

Keywords:

Microbial community, Lake Solenoeye, pyrosequencing

ГЕТЕРОТРОФНЫЕ БАКТЕРИИ РОДА *Meiothermus* В ГИДРОТЕРМАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Будагаева В.Г.¹, Горленко В.М.², Бархутова Д.Д.¹

¹*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия*

²*Институт микробиологии РАН им. С.Н. Виноградского, г. Москва, Россия*

e-mail: valmpa@mail.ru

Абстракт:

Из микробного мата термальных источников Прибайкалья (Бурятия) выделены в чистую культуру 3 штамма бактерий, растущих на ацетате, пирувате и соетоне, представлены неспорообразующими прямыми или изогнутыми удлинёнными палочками, которые были морфологически близки к представителям рода *Meiothermus*. На агаризованной среде бактерии образовывали мелкие гладкие колонии розового цвета. Изучены экофизиологические свойства (отношение к температуре и pH) выделённых изолятов.

Ключевые слова:

гидротермы, микробные маты, гетеротрофы, термофилы, оптимум температур, алкалофилы, *Meiothermus*, экофизиология

В донных осадках и микробных матах щелочных термальных источников Прибайкалья широко распространены аэробные, факультативно анаэробные гидролитические бактерии. Типичными представителями гидролитических бактерий-деструкторов являются алкалотермофильные бациллы, способные утилизировать органические вещества в щелочных водах горячих источников. Первый вид, описанный как *Meiothermus ruber*, был выделен из горячих источников п-ва Камчатка [3]. *Meiothermus ruber*, *M. silvanus* и *M. chliarophilus* были первоначально описаны как представители рода *Thermus* [4]. Однако, на основании различий в оптимальной температуре роста, жирнокислотном составе и последовательностей гена 16S рРНК, они были позднее переклассифицированы в отдельный род. В настоящее время род *Meiothermus* включает двенадцать видов, которые были выделены из различных природных геотермальных мест обитания, простирающихся от национального парка Йеллоустоун, остров Сан-Мигель на Азорских островах, горячих источников в континентальной Португалии, Исландии, на полуострове Камчатка, в Северном острове Новой Зеландии [1, 2].

Целью нашей работы было изучить распространение гетеротрофных бактерий рода *Meiothermus* в гидротермах Прибайкалья.

Культивирование проводили на модифицированной среде Пфеннига, в которую вносили различные источники углерода: ацетат, пируват, соетон или сахарозу. Инкубирование проводили при 55°C, pH устанавливали 8,5-9,0. Морфотипы бактерий, размеры, подвижность и спорообразование изучали микроскопированием образцов с помощью электронного микроскопа Olympus (Япония) в фазовом контрасте при 100-кратном увеличении объектива. Температурные диапазоны развития бактерий устанавливали в градиентном термостате. Диапазон pH определялся с разными концентрациями бикарбоната и карбоната натрия. Биомассу бактерий определяли по изменению оптической плотности культуры при длине волны 660 нм на спектрофотометре СЕСИЛ СЕ 1021 (Великобритания).

Из микробного мата источников Алла, Умхэй и Гарга были выделены три штамма аэробной гетеротрофной бактерии: Al-14-3, Um-14-2-1 и Ga-14-2. Микроорганизмы имели сходную морфологию и представляли собой неспорообразующие прямые или изогнутые удлинённые

палочки толщиной 0,3-0,5 мкм и длиной 1,0-3,0 мкм, которые были морфологически близки к представителям рода *Meiothermus*. В качестве источника углерода культуры Al-14-3 и Ga-14-2 использовали ацетат и пируват, Um-14-2-1 – соетон. Рост на поверхности твердой среды в чашке Петри происходил в виде светло-розовых или розовых круглых гладких мелких колоний.

Исследование экофизиологии культур, выделенных из гидротерм, показало, что они способны развиваться в широком диапазоне температур (табл. 1).

Таким образом, по морфофизиологическим свойствам и способности к термофилии выделенные бактерии сходны с представителями рода *Meiothermus*. В гидротермах бактерии рода *Meiothermus* участвуют в деструкции органических веществ в аэробных условиях. Полученные изоляты являлись алкалофилами и умеренными термофилами, аэробами или микроаэрофилами.

Таблица 1. Диапазоны и оптимумы температур и pH развития культур

Штамм	Пределы/Оптимум температур, °С	Пределы/Оптимум pH
Al-14-3	30-60/50	6,0-9,5/8,5
Um-14-2-1	40-60/45	6,5-9,5/8,0
Ga-14-2	35-60/45	6,5-9,5/8,5

Список литературы:

1. Albuquerque L., Ferreira C., Tomaz D., Tiago I., Verhssimo A., da Costa M.S., Nobre M.F. *Meiothermus rufus* sp. nov., a new slightly thermophilic redpigmented species and emended description of the genus *Meiothermus* // Syst. Appl. Microbiol. 2009. Vol. 32. P. 306–313.
2. Chen M.Y., Lin G.H., Lin Y.T., Tsay S.S. *Meiothermus taiwanensis* sp. nov., a novel filamentous, thermophilic species isolated in Taiwan // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2002. Vol. 52. P.1647–1654.
3. Loginova L.G., Egorova L.A., Golovacheva R.S., Seregina L.M. *Thermus ruber* sp. nov., nom. rev. // Int. J. Syst. Bacteriol. 1984. Vol. 34. P. 498–499.
4. Tenreiro S., Nobre M.F., Hoste B., Gillis M., Kristjansson J.K., da Costa M.S. DNA:DNA hybridization and chemotaxonomic studies of *Thermus scotoductus* // Res. Microbiol. 1995. Vol. 146. P. 315–324.

NETEROTROPHIC BACTERIA OF THE GENUS *Meiothermus* IN HYDROTHERMS OF PRIBAIKALYE (BURYATIA)

Budageva V.G.¹, Gorlenko V.M.², Barkhutova D.D.¹

¹*Institute of General and Experimental Biology, SB, RAS, Ulan-Ude, Russia*

²*Winogradsky Institute of Microbiology of the RAS, Moscow, Russia*

e-mail: valmpa@mail.ru

Abstract:

Three pure cultures of bacteria growing on acetate, pyruvate and soetone were isolated from the microbial mats of Baikal region thermal springs (Buryatia). These strains were non-sporeforming straight or curved rods that morphologically similar to the representatives of the genus *Meiothermus*. Bacteria on agar medium formed small smooth pink colonies. Ecophysiological properties (related to the temperature and pH) of isolates were studied.

Keywords:

hydrotherms, microbial mats, heterotrophs, thermophiles, optimum temperature, alkalophiles, *Meiothermus*, ecophysiology

ХАРАКТЕРИСТИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОРСКИХ БАКТЕРИЙ ИЗ АКВАТОРИЙ С РАЗНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Бузолева Л.С.^{1,2}, Богатыренко Е.А.¹, Ким А.В.¹, Голозубова Ю.С.¹, Еськова А.И.¹, Долматова Е.С.¹

¹*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

²*ФГБНУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова СО РАМН, г. Владивосток, Россия*

e-mail: buzoleva@mail.ru

Абстракт:

Показано влияние антропогенного загрязнения на таксономический состав и биохимические свойства гетеротрофных культивируемых морских бактерий из акваторий Японского моря. В водах, загрязненных органическими веществами коммунально-бытовых стоков, преобладают условно-патогенные бактерии. У микроорганизмов, обитающих в районах с выраженным техногенным загрязнением, значительно реже встречается гидролитическая активность в отношении органических субстратов.

Ключевые слова:

антропогенное загрязнение, морские микроорганизмы, гидролитические свойства, таксономический состав

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем состояния Мирового океана является антропогенное загрязнение, представленное разнообразными поллютантами, выступающее в роли стрессора для морских микроорганизмов. Загрязнение морских акваторий оказывает отрицательное воздействие на микроорганизмы, влияя на их биологические свойства, состав микробных ценозов. Приспосабливаясь к новым химическим соединениям, загрязняющим морскую среду, они способны трансформировать и утилизировать практически все существующие в природе органические вещества [2]. Вместе с тем экологические и эпидемиологические последствия этих изменений еще не определены, но можно предположить, что они представляют опасность для гидробионтов, наземных организмов и человека.

Цель исследования – дать сравнительную характеристику таксономического состава и биологических свойств морских бактерий, выделенных из акваторий с разной антропогенной нагрузкой.

Для проведения исследований была сформирована коллекция культивируемых гетеротрофных бактерий, выделенных из акваторий Японского моря, расположенных как в зоне активной береговой деятельности с комплексным загрязнением разными видами поллютантов (б. Золотой Рог, б. Находка), так и в чистых свободных от антропогенного воздействия районах (б. Киевка, б. Круглая). Определение изолятов проводили стриповыми диагностикумами по API тестам (BioMérieux, Франция). Гидролитическую активность определяли с помощью известных микробиологических методов [1].

В результате проведенных исследований из воды бухты Золотой Рог в 55% случаев выделены представители родов условно-патогенных бактерий: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Enterococcaceae*, *Acinetobacter*. В чистых районах представители условно-патогенной микрофлоры не были обнаружены.

Сравнительные исследования проявления гидролитической активности у микроорганизмов, выделенных из морских акваторий с разной антропогенной нагрузкой, показали, что большая часть штаммов, выделенных из чистых районов, обладали липолитической, амилолитической и липолитической активностью (до 50% от всех изолятов). Примерно такая же часть штаммов и из б. Золотой Рог была гидролитически активной. Это объясняется наличием обилия и разнообразия органического субстрата в исследуемых акваториях. Однако природа органики имеет разный характер, в чистых районах – это останки биологических объектов (гидробионты, водоросли и т.д.) – обитателей моря, а в б. Золотой Рог – это коммунально-бытовые стоки. У штаммов, изолированных из вод б. Находка, для которой характерно техногенное загрязнение, редко встречалась гидролитическая активность в отношении исследуемых органических субстратов.

Список литературы:

1. Герхард Ф. Методы общей бактериологии. М.: Мир, 1984. 472 с.
2. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Исследование экосистемы Берингова и Чукотского морей. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 656 с.

THE CHARACTERISTIC OF TAXONOMICAL STRUCTURE AND HYDROLYTIC PROPERTIES OF MARINE BACTERIA FROM WATER AREAS WITH DIFFERENT ANTHROPOGENIC PRESSURE **Buzoleva L.S.^{1,2}, Bogatyrenko E.A.¹, Kim A.V.¹, Golozubova Yu.S.¹, Eskova A.I.¹, Dolmatova E.S.¹**

¹*Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia*

²*G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Vladivostok, Russia*
e-mail: buzoleva@mail.ru

Abstract:

Influence of anthropogenous pollution on taxonomical structure and biochemical properties of heterotrophic cultured marine bacteria from the Sea of Japan was shown. In the waters polluted by organic substances of household drains opportunistic bacteria dominated. The microorganisms from areas with significant technogenic pollution had hydrolytic activity much less often.

Keywords:

anthropogenous pollution, marine microorganisms, hydrolytic properties, taxonomical structure

МЕТАНОГЕННЫЕ СООБЩЕСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. БАЙКАЛ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ГЕОХИМИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ: БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, СУБСТРАТНАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ, АКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ МЕТАНА

Букин С.В.¹, Павлова О.Н.¹, Калмычков Г.В.², Иванов В.Г.¹, Хачикубо А.³, Хабуев А.В.¹, Морозов И.В.⁴, Земская Т.И.¹

¹Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

²Институт геохимии им А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

³Технологический институт Китами, г. Китами, Япония

⁴Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, г. Новосибирск, Россия

e-mail: sergeibukin@lin.irk.ru

Абстракт:

Проведено сравнительное исследование метаногенных микробных сообществ донных отложений оз. Байкал в районах грязевого вулкана и глубоководной разгрузки метана.

Ключевые слова:

метаногенные археи, психрофилы, цикл углерода, донные отложения.

Метан – конечный продукт анаэробного разложения органического вещества в пресноводных экосистемах. Согласно проведенным ранее исследованиям [3,4], в донных отложениях стратифицированных озёр и арктических почвах, в низкотемпературных условиях наиболее частым субстратом метаногенеза является ацетат, что подтверждается высокой степенью родства выявляемых последовательностей генов 16S рРНК и метилкоэнзим-М-редуктазы с генами известных ацетокластических метаногенов. Однако, в озере Байкал, по результатам радиоизотопного анализа потребления субстратов меченых ¹⁴C, в поверхностных слоях донных отложений глубинных «фоновых» районов, основным путем образования метана является автотрофная метангенерация [1]. В то же время в зонах подводных разгрузок нефте- и газоносных флюидов, грязевых вулканов и залежей газовых гидратов, согласно данным анализа изотопного состава углерода метана [2], генерация газа происходит в результате ферментации ацетата. Таким образом, в озере Байкал циклы метана и других углеводородных газов могут иметь сложную структуру, для понимания которой требуются комплексные геобиохимические исследования.

Целью исследования является изучение микробных сообществ осуществляющих процессы метангенерации в донных осадках озера Байкал, в районах метанового сипа «Посольская Банка» и грязевого вулкана «Песчанка» различающихся уровнем минерализации поровых вод и генетическими типами разгружающегося газа.

Отбор проб для исследования проводили с помощью гравитационной трубы в ходе экспедиций на НИС «Г.Ю. Верещагин» в июле 2014 г. В работе применены методики анаэробного культивирования в психрофильных (10°C) условиях на жидких селективных средах с добавлением различных субстратов метаногенеза (ацетат натрия, H₂+CO₂, метанол) с дальнейшей газохроматографической оценкой активности процессов образования углеводородных газов и анализом изотопного состава углерода метана. Для исследования структуры микробных сообществ экспериментальных культур использованы методы флуоресцентной *in situ* гибридизация с Су-3 мечеными зондами и молекулярного клонирования и секвенирования фрагментов гена 16S рРНК.

Установлено, что в условиях эксперимента добавление дополнительных субстратов к большинству образцов донных отложений двух станций приводит к повышению активности метангенерации в сравнении с осадком без добавок. Таким образом, метаногенная активность в исследуемых осадках, вероятно, лимитирована доступностью субстратов метаногенеза, что отражается на характере вертикального распределения интенсивности потребления того или иного предшественника метана. Так, для поверхностных слоёв донных осадков изучаемых станций, активные процессы метанообразования зафиксированы в культурах при росте на всех трёх используемых субстратах, в то время как для сообществ более глубоких слоёв отмечена узкая субстратная специфичность. В осадках метанового сипа наблюдается смена метаболических путей метангенерации в зависимости от глубины, тогда как в донных отложениях грязевого вулкана, за исключением поверхностного слоя, метан образуется преимущественно на средах с H₂+CO₂. Необходимо отметить, что несмотря на активные процессы метанообразования в «гидрогенотрофных» культурах с двух станций все полученные для них значения δ¹³C-CH₄ - δD-CH₄, лежат в области соответствующей газу, образованному в ходе ферментации ацетата, что согласуется с данными [2] и может свидетельствовать о тесных связях метаногенной компоненты с группами микроорганизмов – продуцентов предшественников метана.

В результате филогенетического анализа в экспериментальных культурах подтверждено присутствие представителей филумов *Euryarchaeota*, а также архей группы Miscellaneous Crenarchaeotic Group, имеющих низкий процент сходства с ближайшими гомологами.

Работа выполнена в рамках гос. задания по теме № 76.1.7. «Геобиохимические исследования циклов метана...».

Список литературы:

1. Намсараев Б.Б., Дулов Л.Е., Соколова Е.Н., Земская Т.И. Бактериальное образование метана в донных осадках озера Байкал // Микробиология. 1995. №64(3). С. 411-417.
2. Nachikubo A., Khlystov O., Krylov A., Sakagami H., Minami H., Nunokawa Y., Yamashita S., Takahashi N., Shoji H., Nishio S., Kida M., Ebinuma T., Kalmychkov G., Poort J. Molecular and isotopic characteristics of gas hydrate-bound hydrocarbons in southern and central Lake Baikal // Geo-Marine letters. 2010. №30(3-4). P. 321-329.
3. Kotsyurbenko O.R. Trophic interactions in the methanogenic microbial community of low-temperature terrestrial ecosystems // FEMS Microbiol Ecol. 2005. №53. P. 3-13.
4. Nozhevnikova A.N., Nekrasova V., Ammann A., Zehnder A.J., Wehrli B., Holliger C. Influence of temperature and high acetate concentrations on methanogenesis in lake sediment slurries // FEMS Microbiol. Ecol. 2007. №62(3). P. 336-344.

METHANOGENIC COMMUNITIES OF LAKE BAIKAL BOTTOM SEDIMENTS WITH DIFFERENT GEOCHEMICAL CONDITIONS: BIOLOGICAL DIVERSITY, SUBSTRATE SPECIFICITY, ACTIVITY OF THE PROCESSES OF FORMATION OF METHANE

Bukin S.V.¹, Pavlova O.N.¹, Kalmychkov G.V.², Ivanov V.G.¹, Nachikubo A.³, Khabuev A.V.¹, Morozov I.V.⁴, Zemskaya T.I.¹

¹*Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Russia*

²*A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia*

³*Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan*

⁴*Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia*
e-mail: sergeibukin@lin.irk.ru

Abstract:

We investigated methanogenic microbial communities of bottom sediments of Lake Baikal in mud volcano and deep-water discharge of methane areas.

Key words:

methanogenic archaea, psychrophile, carbon cycle, bottom sediments

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВИРУСОВ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Бутина Т.В., Потапов С.А., Букин Ю.С., Белых О.И., Кабилов М.Р., Тупикин А.Е., Беликов С.И.

¹*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия;* ²*ЦКП «Геномика», ИХБФМ СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

e-mail: tvbutina@mail.ru

Абстракт:

Исследовано разнообразие вирусов оз. Байкал на основе анализа фрагментов консервативных генов, а также с помощью метагеномного подхода. В результате в оз. Байкал выявлено высокое генетическое разнообразие вирусов, принадлежащих различным семействам и родам, поражающих широкий круг организмов.

Ключевые слова:

вирусы, бактериофаги, генетическое разнообразие, метагеномный анализ, оз. Байкал

Исследование посвящено актуальной проблеме водной вирусологии – изучению разнообразия и роли вирусов в природных водоемах. Вирусы – самые многочисленные и разнообразные биологические объекты в водных экосистемах, они в значительной мере определяют биоразнообразие, структуру, продуктивность и функционирование водных экосистем, и даже участвуют в формировании глобального климата.

Целью данной работы является изучение генетического разнообразия вирусов в оз. Байкал. Молекулярно-генетические исследования вирусов оз. Байкал проводятся с 2008 г., первые работы произведены на основе анализа отдельных вирусных генов. В прошлом году впервые для изучения вирусов оз. Байкал применен метагеномный анализ – исследование суммарного генетического вирусного материала с помощью высокопроизводительной технологии секвенирования и биоинформационного анализа.

Для генетической идентификации вирусов применялись известные наборы праймеров, разработанные на основе консервативных вирусных генов, позволяющие идентифицировать

широкий спектр вирусов известной классификации. В нашей работе использовались наборы праймеров к структурным (*g20*, *g23*) и функциональным (*psbA* и *psbD*) генам, с помощью которых удалось выявить большое разнообразие и уникальный состав Т4-подобных вирусов, а также цианофагов в оз. Байкал. Цианофаги, регулирующие численность и разнообразие пикопланктонных цианобактерий – основных продуцентов органического вещества в водоемах, также как и Т4-подобные вирусы, имеющие широкий круг хозяев и обладающие высокой литической активностью, обуславливают высокую экологическую значимость для водных биоценозов.

Метагеномный анализ – более информативный в плане изучения разнообразия, структуры вирусных сообществ и выявления новых, неизвестных вирусов в природе. С помощью метагеномного анализа в оз. Байкал удалось выявить высокое разнообразие вирусов различных семейств и родов. В числе потенциальных вирусных хозяев – широкий спектр бактерий, представителей шести крупных распространенных филумов, в том числе цианобактерий. Кроме того, обнаружены вирусы архей (*Siphoviridae*), водорослей (*Phycodnaviridae*), амёб, флагеллят (*Mimiviridae*), рыб, амфибий (*Alloherpesviridae*), насекомых (*Baculoviridae*, *Iridoviridae*) и млекопитающих (*Poxviridae*, *Herpesviridae* и др.).

Таким образом, в результате проведенных работ получены новые данные, расширяющие представления о разнообразии вирусных сообществ крупнейших пресноводных экосистем.

Работа выполнена в рамках государственного задания № VI.50.1.4, а также при финансовой поддержке проектов РФФИ № 14-04-90421 и № 14-44-04148 p_sibir_a.

GENETIC DIVERSITY OF VIRUSES IN LAKE BAIKAL

Butina T.V., Potapov S.A., Bukin Y.S., Belykh O.I., Kabilov M.R., Tupikin A.E., Belikov S.I.

¹*Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia;* ²*Genomics Core Facility, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia*

Abstract:

Diversity of viruses in Lake Baikal was studied analyzing fragments of conserved genes, as well as using metagenomic approach. A high diversity of viruses belonging to different families and genera, affecting a wide range of organisms was revealed in Lake Baikal.

Keywords:

viruses, bacteriophages, genetic diversity, metagenomic analysis, Lake Baikal

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИРИОПЛАНКТОНА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В ПЕРИОД ПОЛЯРНОЙ НОЧИ

Венгер М.П.

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

e-mail: venger@mmbi.info

Абстракт:

В период полярной ночи выявлено значительное обилие вириопланктона на станциях разреза "Кольский меридиан" – $(2.9 \pm 0.4) \times 10^6$ частиц/мл, при концентрации бактериопланктона – $(0.6 \pm 0.02) \times 10^6$ кл/мл. Распределение вирусов, в отличие от бактерий, носило выраженный неоднородный характер. Амплитуда их численности в прибрежных водах в среднем на порядок превышала значения параметра в атлантических водах разреза.

Ключевые слова:

вириопланктон, бактериопланктон, "Кольский меридиан", Арктика

Большое значение вириопланктона в функционировании пелагических экосистем общепризнано. Исследование распределения вирусных частиц и их связь с компонентами среды в акватории Баренцева моря в период полного отсутствия солнечной радиации ранее не проводилось, что и определило цель настоящей работы.

Пробы воды отбирали по стандартным горизонтам на разрезе "Кольский меридиан" с борта НИС "Дальние Зеленцы" 10–24 ноября 2013 г. Вирио- и бактериопланктон учитывали эпифлюоресцентным методом, используя красители SYBR Green I [3] и DAPI [5]. Гидрологические показатели определяли СТД-зондированием.

Согласно термохалинным показателям станции по разрезу были выполнены в водах, перемещаемых Прибрежным и Нордкапским течениями с запада. Теплоемкость прибрежных вод превосходило атлантические. В первом случае для слоя 0–50 м и глубже 100 м значения температуры имели вид 7.2–7.0 и 6.6–3.9°C, во втором, соответственно, 7.0–3.7 и 6.0–1.0°C.

Количество вирусных частиц по станциям изменялось от 0.2 до 10.7×10^6 в мл, а его средние для поверхностного ($(4.7 \pm 1.3) \times 10^6$) и придонного слоя ($(1.0 \pm 0.8) \times 10^6$) показатели достигали

величин сопоставимых с полученными на разрезе "Кольский меридиан" летом [1] и в море Бофорта зимой, где концентрация частиц, до глубины 60 м, составляла $(5.3 \pm 2.8) \times 10^6$ в мл [4].

Повышенные скопления вирусов в ноябре, за исключением поверхностного максимума на юге, наблюдались по всей толще северного участка разреза. Тенденция горизонтального увеличения обилия от прогретых к охлажденным водам более четко проявлялась в слое 0–50 м ($r_s = -0.72$, при $p \geq 0.05$). В этом слое диапазон численности в прибрежье ($0.7-10.7 \times 10^6$) превышал значения показателя в атлантических водах ($0.5-8.1 \times 10^6$ частиц/мл).

Численность бактериальных клеток по разрезу изменялась от 0.4 до 1.1×10^6 кл/мл и составляла: в прибрежных водах в слое 0–50 м $(0.7 \pm 0.05) \times 10^6$ кл/мл, в слое от 100 м ко дну – $(0.5 \pm 0.03) \times 10^6$ кл/мл, в атлантических, соответственно (0.6 ± 0.02) и $(0.5 \pm 0.02) \times 10^6$ кл/мл. Полученные количественные показатели оказались достаточно близки значениям, приводимым для Баренцева моря в период полярной ночи [2].

При отсутствии фотосинтетической активности бактериопланктон выступал в роли наиболее массового хозяина для вирусных частиц. Однако, значимых корреляций между их количественными показателями нами не установлено. В водах разреза низкой являлась и величина отношения численности вирусов к численности бактерий (1–16, в среднем 6 ± 1).



Карта-схема станций отбора проб

Проведенное исследование показало, что в период полярной ночи вирусы являлись самым многочисленным компонентом планктона Баренцева моря. Их обилие увеличивалось с юга на север и достигало максимальных значений в более холодных водах. Неравномерность в распределении вирусов относительно потенциальных хозяев – бактерий и отсутствие достоверных связей между ними могло определяться как физиологическим состоянием клеток доминирующей популяции, так и преобладанием формы вирусной инфекции в каждый конкретный момент времени.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14–05–31367).

Список литературы:

1. Венгер М.П., Широколобова Т.И., Макаревич П.Р., Водопьянова В.В. Вирусы в пелагиали Баренцева моря // Докл. РАН. 2012. Т. 446. № 3. С. 345–349.
2. Планктон морей Западной Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 352 с.
3. Noble R.T., Fuhrman J.A. Use of SYBR Green for rapid epifluorescence count of marine viruses and bacteria // Aquat. Microb. Ecol. 1998. V. 14. P. 113–118.
4. Payet J.P., Suttle C.A. Physical and biological correlates of virus dynamics in the southern Beaufort Sea and Amundsen Gulf // Journal of Marine Systems. 2008. V. 74. P. 933–945.
5. Porter K.G., Feig Y.S. The use DAPI for identifying and counting of aquatic microflora // Limnol. Oceanogr. 1980. V. 25. N. 5. P. 943–948.

THE STUDY OF VIRIOPLANKTON IN THE BARENTS SEA DURING THE POLAR NIGHT

Venger M.P.

Murmansk Marine Biological Institute Kola Scientific Center of Russian Academy of Sciences,
Murmansk, Russia
e-mail: venger@mmbi.info

Abstract:

During the polar night a significant abundance of virioplankton have been revealed on the stations of the "Kola meridian" section – $(2.9 \pm 0.4) \times 10^6$ particles/ml at a concentration of bacterial – $(0.6 \pm 0.02) \times 10^6$ cells/ml. Viruses distribution as distinct from bacteria distribution were heterogeneous. The amplitude of their numbers in the coastal waters on average was greater than in the Atlantic waters of the section.

Key words:

virioplankton, bacterioplankton, "Kola Meridian", Arctic

РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *SPHINGOMONAS* В НЕЙСТОННОЙ ПЛЕНКЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Галачьянц А.Д., Белькова Н.Л., Суханова Е.В., Парфенова В.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: agnialgal@lin.irk.ru

Абстракт:

Проведен филогенетический анализ 7 представителей рода *Sphingomonas*, выделенных из нейстонной пленки озера Байкал. Показано, что полученные штаммы относятся к разным видам, при этом штаммы NA198, NA124, NC109 формируют отдельные кластеры вместе с ближайшими не охарактеризованными гомологами, имея низкий процент гомологии с типовыми штаммами разных видов рода *Sphingomonas*.

Ключевые слова:

нейстон, *Sphingomonas*, филогенетический анализ, разнообразие

Фундаментальная задача эволюционной биологии заключается в понимании того, как экологическое разнообразие возникает и сохраняется в природных популяциях. В последнее время было показано существенное разнообразие видов одного рода в некоторых экстремальных местах обитания [3]. Нейстон является уникальной микробной экосистемой, представляющей собой поверхностный микрослой воды толщиной 50 мкм [4]. В связи с особенностями расположения – на границе воды и воздуха – этот слой подвержен сильному влиянию солнечной радиации, резкому изменению температурных условий; здесь в высоких концентрациях присутствуют загрязняющие вещества, переносимые аэрозолями [2]. Все эти факторы могут оказывать экологическое давление на находящиеся в нейстоне микроорганизмы, приводя к формированию видообразующих мутаций.

В работе проведен анализ разнообразия представителей рода *Sphingomonas*, выделенных из нейстонной пленки озера Байкал.

Культуры пигментированных гетеротрофных бактерий изолированы в серии последовательных пересевов на средах ПДС, R2A и РПА:10 [1]. Молекулярно-генетическая идентификация по структурам 16S рДНК выявила доминирование представителей рода *Sphingomonas*. Филогенетический анализ полученных последовательностей проводили с помощью программ Clustal-W, Mega 6.06 (Neighbour-Joining, Kimura 2-parameter model). Последовательности 16S рДНК депонированы в базу данных (LN832007-LN832009, LN832012-LN832015).

Филогенетический анализ позволил выявить три группы штаммов *Sphingomonas* spp. в нейстонной пленке: (1) штаммы, идентификация которых проведена до вида (*Sphingomonas aerolata* NA53); (2) штаммы, кластеризующие вместе с типовыми штаммами двух разных видов (*Sphingomonas* spp. NA179, NC110, NA77) и (3) штаммы, формирующие самостоятельные кластеры вместе с последовательностями не идентифицированных до вида сфингомонад (*Sphingomonas* spp. NA198, NA124, NC109). Не смотря на высокий процент гомологии (99%), штаммы второй группы формируют кластер с типовыми штаммами *Sphingomonas melonis* DAPP-PG224^T (AB055863) и *Sphingomonas aquatilis* JSS-7^T (AF131295) (NA179, NC110) и *Sphingomonas faeni* MA-olki^T (AJ429239) и *Sphingomonas aurantiaca* MA101b (AJ429236) (NA77), поэтому для точного определения видовой принадлежности указанных штаммов требуется сравнение их физиолого-биохимических свойств. Последовательности гена 16S рПНК штаммов из третьей группы показали не более 98% гомологии с ближайшими культивируемыми родственниками: *Sphingomonas melonis* DAPP-PG224^T (AB055863) и *Sphingomonas aquatilis* JSS-7^T (AF131295) (*Sphingomonas* sp. NA198), *Sphingomonas pituitosa* NBRC102491^T (NR114119) (*Sphingomonas* sp. NA124) и *Sphingomonas paucimobilis* ATCC2983^T (U37337) (*Sphingomonas* sp. NC109). Для определения видовой принадлежности данных штаммов нужен анализ дополнительных генетических маркеров и морфолого-биохимических признаков.

Список литературы:

1. Парфенова В.В., Белькова Н.Л., Денисова Л.Я., Зайчиков Е.Ф., Максименко С.Ю., Захарова Ю.Р., Поддубняк Н.Ю., Моложаева О.А., Никулина И.Г. Изучение видового состава культивируемых гетеротрофных микроорганизмов // Биология внутренних вод. 2006. № 1. С. 8-15.
2. Cunliffe M., Upstill-Goddard R., Murrell C. Microbiology of aquatic surface microlayers // FEMS Microbiol. Rev. 2011. V. 35. № 2. P. 233-246.
3. Rainey F.A., Ray K., Ferreira M., Gatz B.Z., Nobre M.F., Bagaley D., Rash B.A., Park M.J., Earl A.M., Shank N.C., Small A.M., Henk M.C., Battista J.R., Kämpfer P., da Costa M.S. Extensive diversity of ionizing-radiation-resistant bacteria recovered from Sonoran Desert soil and description of nine new species of the genus *Deinococcus* obtained from a single soil sample // Appl. Environ. Microbiol. 2005. V. 71. No. 9. P. 5225-5235.
4. Zhang Z., Liu L., Wu Z., Li J., Ding H. Physicochemical studies of the sea surface microlayer and its experimental determination // J. Colloid Interface Sci. 1998. № 204. P. 294-299.

DIVERSITY OF THE REPRESENTATIVES OF THE GENUS *SPHINGOMONAS* IN NEUSTONIC BIOFILM OF LAKE BAIKAL

Galach'yants A.D., Belkova N.L., Sukhanova E.V., Parfenova V.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

e-mail: agniagal@lin.irk.ru

Abstract:

Phylogenetic analysis of 7 representatives of the genus *Sphingomonas*, isolated from neustonic biofilms of Lake Baikal, was done. It was shown that collected strains belong to different species whereas strains NA198, NA124, NC109 form certain clusters with closest unidentified homologues, having low percentage of homology with type strains of different species of genus *Sphingomonas*.

Key words:

neuston, *Sphingomonas*, phylogenetic analysis, diversity

ЭУКАРИОТИЧЕСКИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ (CENTROHELIDA, НАСРОВИЯ) ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Герасимова Е.А.^{1,2}, Плотников А.О.¹

¹Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, г. Оренбург, Россия

²Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

e-mail: ea-ermolenko@yandex.ru

Абстракт:

Изучены видовой состав и таксономическое разнообразие эукариотических микроорганизмов отряда Centrohelida (Nasrobia) в пресных водоемах Оренбургской области. Обнаружено восемь видов центрохелидных солнечников *Polyplacocystis ambigua*, *Acanthocystis myriospina*, *A. turfacea*, *A. pectinata*, *A. taurica*, *Raineriophrys erinaceoides*, *R. raineri*, *Pterocystis paliformis*. Вид *P. paliformis* является новым для фауны России, виды *A. taurica* и *R. raineri* впервые обнаружены в водоемах Оренбургской области.

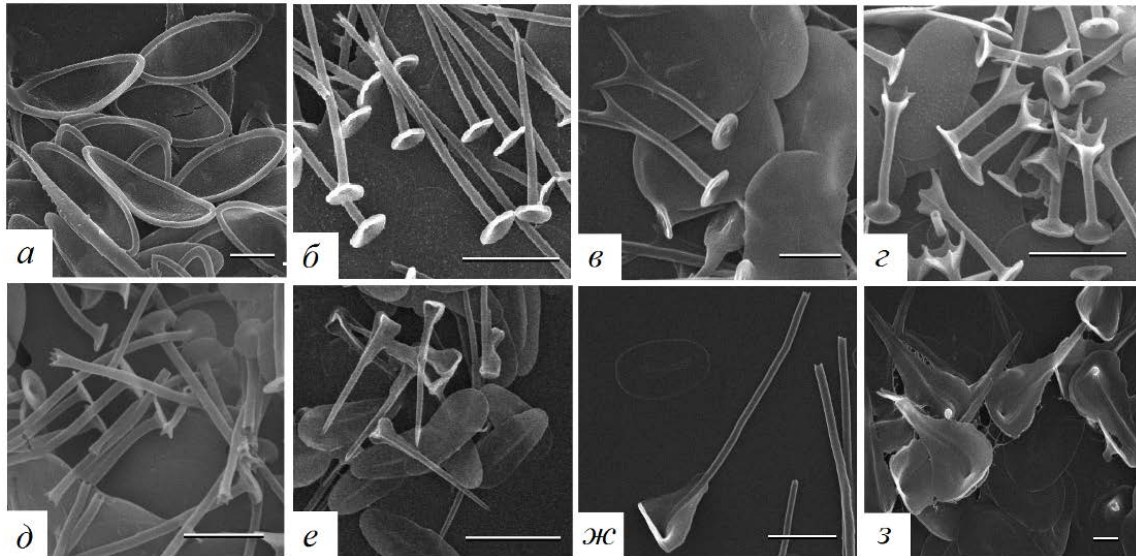
Ключевые слова:

Солнечники, Centrohelida, морфология, видовой состав.

Центрохелиды, или центрохелидные солнечники (Centroheliozoa Dürschmidt et Patterson 1987) – крупнейший таксон солнечников, представляющий собой обособленную группу одноклеточных эукариотических микроорганизмов, объединяющую на данный момент более 100 видов. Центрохелиды – хищные, амeboидные протисты, объединенные наличием радиальной системы расходящихся лучей – аксоподий, снабженных экструсомами, служащими для закоривания и удержания мелкой и подвижной пищи. Представители центрохелид характеризуются консерватизмом внутренней организации, в то же время структура наружных клеточных оболочек (перипластов) отражает выраженное морфологическое и таксономическое многообразие представителей данной группы (Микрюков, 2002). Структура и размерные характеристики элементов перипласта – чешуек и спикул являются важнейшими диагностическими признаками, которые служат для идентификации и определения таксономического положения центрохелидных солнечников. Чешуйки представляют собой пластинчатые образования округлой, овальной или эллиптической формы, расположенные на поверхности клетки тангентально. Спикулы располагаются радиально на поверхности клетки, имеют стержневидную форму, часто с округлым или сердцевидным основанием на

проксимальном конце, разветвлениями и зубцами на дистальном конце. Центрохелиды характеризуются всеветным распространением, присутствуют в бентосе и перифитоне морских и пресноводных экосистем. Несмотря на это, их распространение на территории России изучено отрывочно и крайне неравномерно, основные данные сводятся к северо-западным и центральным регионам Европейской части России. В связи с этим, целью работы стало изучение таксономического разнообразия центрохелид в пресных водоемах Оренбургской области.

Пробы отбирали в июне-июле 2014 г. в реках Каргалка, Средняя Каргалка, Урал, Салмыш, Бердянка и ручье Кайнар. Бентосные пробы получали путем взмучивания донного осадка, транспортировали в лабораторию и инкубировали в чашках Петри в течение недели. Накопительные культуры изучали при помощи светового микроскопа Axioscope (Carl Zeiss), препараты - при помощи сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Jeol JSM 6510. Минерализация проб составила 250-630 мг/л, рН 6,0-8,2. Идентификация найденных видов сделана на основе изучения морфологии перипластов в



СЭМ.

Рис. 1. Микрографии перипластов, полученные с помощью СЭМ: а - *P. ambigua*, б - *A. myriospina*, в - *A. turfacea*, г - *A. pectinata*, д - *A. taurica*, е - *R. erinaceoides*, ж - *R. raineri*, з - *P. paliformis*. Масштаб (мкм): а, б, г, д, ж - 2; в, з - 1; е - 5.

В результате исследования в изученных водоемах обнаружено восемь видов центрохелидных солнечников из семейств Raphidiophryidae (*P. ambigua*) и Acanthocystidae (*A. myriospina*, *A. turfacea*, *A. pectinata*, *A. taurica*, *R. erinaceoides*, *R. raineri*, *P. paliformis*). Видовой состав р. Каргалка включает два вида *A. myriospina* и *A. pectinata*, р. Средняя Каргалка – четыре вида (*A. taurica*, *R. erinaceoides*, *R. raineri*, *P. paliformis*), ручья Кайнар – один вид (*P. ambigua*). Видовой состав рек Салмыш и Бердянка включает один вид *A. pectinata*, видовой состав реки Урал изучался ранее, но в результате наших исследований пополнился на один вид *A. turfacea*.

Вид *P. paliformis* впервые обнаружен в водоемах России, виды *A. taurica*, *R. raineri* являются новыми для протистофауны Оренбургской области.

Таким образом, в результате исследования обнаружено восемь видов центрохелидных солнечников, часть из которых ранее входила в сводки фауны Оренбургской области. Тем не менее, настоящее исследование позволило расширить таксономический состав и ареал исследований, получить первые данные по ряду пресноводных рек и описать новые для фауны региона и России виды центрохелидных солнечников.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 15-44-02467, 15-34-50255, 14-04-00500-а, 15-29-02749 и областного гранта Министерства образования Оренбургской области в сфере научной и научно-технической деятельности в 2015 г.

FRESHWATER EUKARYOTIC MICROORGANISMS (CENTROHELIDA, MACROBIA) OF ORENBURG REGION

Gerasimova E.A.^{1,2}, Plotnikov A.O.¹

¹Institute for cellular and intracellular symbiosis UrB RAS, Orenburg, Russia

²Orenburg State University, Orenburg, Russia

e-mail: ea-ermolenko@yandex.ru

Abstract:

The species composition and taxonomic diversity of eukaryotic microorganisms of order Centrohelida (Macrobia) in freshwater bodies of Orenburg region was studied. Eight species of centrohelid heliozoa *Polyplacocystis ambigua*, *Acanthocystis myriospina*, *A. turfacea*, *A. pectinata*, *A. taurica*, *Raineriophrys erinaceoides*, *R. raineri*, *Pterocystis paliformis* were found. *P. paliformis* is a new species for fauna of Russia; species *A. taurica* and *R. raineri* have been revealed for the first time in water bodies of Orenburg region.

Keywords:

Heliozoa, Centrohelida, morphology, species composition

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ СОЛЕННЫХ РЕК ПРИЭЛЬТОНЬЯ

Гоголева О.А.¹, Гоголева Н.Е.², Хлопко Ю.А.¹, Плотников А.О.¹

¹Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, г. Оренбург, Россия

²Казанский институт биохимии и биофизики КНЦ РАН, г. Казань, Россия

e-mail: gogolewaoa@yandex.ru

Абстракт:

Впервые методом 16S метагеномного секвенирования изучены углеводородокисляющие сообщества накопительных культур из устьевых участков соленых рек Приэльтона, показано таксономическое разнообразие сообществ. В накопительных культурах доминируют представители филы Proteobacteria, включающей два доминирующих класса Gammaproteobacteria и Alphaproteobacteria. Наибольшее видовое разнообразие обнаружено в реке Хара, а наименьшее – в реке Солянка.

Ключевые слова:

Углеводородокисляющий бактериопланктон, соленые реки, NGS, Illumina, 16S метагеномный анализ

В настоящее время углеводородокисляющие сообщества минерализованных рек практически не изучены. Поэтому целью нашего исследования стало сравнение таксономического состава углеводородокисляющего бактериопланктона минерализованных рек.

Пробы отбирали в августе 2014 г. из устьевых участков соленых рек Хара, Ланцуг и Солянка, впадающих в оз. Эльтон (Волгоградская область). Накопительные культуры получали на жидкой минеральной среде Раймонда с 7% NaCl и дизельным топливом. Суммарную ДНК выделяли методом ферментативного лизиса [1]. Таксономический состав сообществ изучали методом 16S метагеномного секвенирования на секвенаторе MiSeq (Illumina). Данные по составу сообщества получены в автоматическом режиме с помощью программного обеспечения, предустановленного на секвенаторе, затем обработаны комплексом биоинформационных инструментов пакета USEARCH.

В накопительной культуре р. Ланцуг из 7001 рида 6917 принадлежали домену Bacteria (98,8% всех ридов), из них 6827 ридов соответствовало филе Proteobacteria (97,51%), включающей в себя классы Gammaproteobacteria (89,89%) и Alphaproteobacteria (6,83%). Самый многочисленный класс Gammaproteobacteria включал в себя три порядка Alteromonadales (68,7%), Oceanospirillales (9,96%), Pseudomonadales (9,14%). Порядок Alteromonadales был представлен родом *Marinobacter* (67,73%) с видами *Marinobacter* sp. и *M. santoriniensis*. Порядок Oceanospirillales представлен родами *Halomonas* (8,47%) и *Saccharospirillum* (0,27%). Наиболее разнообразно был представлен род *Halomonas* – 5 видов, из них преобладали *H. glaciei*, *Halomonas* sp. Порядок Pseudomonadales включал в себя род *Pseudomonas* (4,41%) и вид *P. alkylphenolia*. Класс Alphaproteobacteria включал представителей доминирующего порядка Kiloniellales (4,04%), представленного родом *Thalassospira* (4,04%) и видом *T. xianheensis*.

Из накопительной культуры р. Хара было получено 241206 ридов, домену Bacteria принадлежало 241160 ридов (99,98%), филе Proteobacteria – 240046 (99,52%), классам Gammaproteobacteria – 142474 (59,07%) и Alphaproteobacteria – 97008 (40,22%). Класс Gammaproteobacteria включал порядки Alteromonadales (28,48%), Oceanospirillales (26,36%), Pseudomonadales (3,7%). Порядок Alteromonadales был представлен доминирующим родом *Idiomarina* (27,83%), вид *I. loihiensis*. Наиболее разнообразный порядок Oceanospirillales включал *Alcanivorax venustensis*, *A. balearicus*, *H. hydrothermalis*, *H. glaciei*. Порядок Pseudomonadales включал род *Pseudomonas* и вид *P. oleovorax*. Класс Alphaproteobacteria был представлен порядком Kiloniellales (39,81%), родом *Thalassospira* с доминирующим видом *T. xianheensis*.

Из накопительной культуры р. Солянка было получено 149312 ридов, из них домену Bacteria принадлежало 149276 (99,98%). Доминировала фила Proteobacteria – 148852 рида (99,96%), включавшая классы Gammaproteobacteria – 118100 ридов (79,1%) и Alphaproteobacteria – 30365 ридов (20,34%). Класс Gammaproteobacteria включал порядки Oceanospirillales (54,69%) и Alteromonadales (23,37%). Порядок Oceanospirillales был представлен родом *Alcanivorax* (53%), с доминирующими видами *A. borkumensis*, *A. venustensis*, *A. balearicus*. Порядок Alteromonadales был представлен одним родом *Idiomarina* (22,31%), видами *I. loihiensis* и *I. fontilapidosi*. Класс Alphaproteobacteria представлен доминирующим порядком Kiloniellales (19,51%), родом *Thalassospira* (19,51%) и видом *T. xianheensis*.

Во всех накопительных культурах по числу ридов доминировал домен Bacteria, наибольшую долю в сообществах занимала фила Proteobacteria, в которой преобладали представители классов Gammaproteobacteria и Alphaproteobacteria. Во всех трёх сообществах доминирующим был класс Gammaproteobacteria, на его долю приходилось не менее 59% от всех ридов. Класс Gammaproteobacteria включал два порядка Oceanospirillales и Alteromonadales. В р. Хара и Ланцуг в классе Gammaproteobacteria доминировали представители Alteromonadales, порядок Oceanospirillales доминировал только в реке Солянка. Наиболее скудным было видовое разнообразие в накопительной культуре р. Солянка – доминировали 4 вида: *A. borkumensis*, *A. venustensis*, *I. loihiensis*, *T. xianheensis*, на них приходилось 86,24% всех ридов. В накопительной культуре р. Ланцуг разнообразие было выше, здесь преобладали *Marinobacter* sp., *M. santoriniensis*, *H. glaciei*, *Halomonas* sp., *P. alkylphenolia*, *T. xianheensis*, на их долю приходилось 80,53% всех последовательностей. В накопительной культуре р. Хара обнаружено наибольшее разнообразие доминирующих видов, они были представлены *I. loihiensis*, *A. venustensis*, *A. balearicus*, *H. hydrothermalis*, *H. glaciei*, *P. oleovorax*, *T. xianheensis*, на них приходилось 89,33% всех ридов.

Работа частично выполнена на базе ЦКП «Персистенция микроорганизмов» ИКВС УрО РАН и поддержана грантами РФФИ 13-04-00740, 14-04-01796.

Список литературы:

1. Белькова Н.Л., Андреева А.М. Введение в молекулярную экологию микроорганизмов: Учебно-методическое пособие. Ярославль: ООО «Принтхаус», 2009. 91 с.

TAXONOMIC COMPOSITION OF HYDROCARBON-OXIDIZING BACTERIAL COMMUNITIES IN SALT RIVERS OF ELTON REGION

Gogoleva O.A.¹, Gogoleva N.E.², Khlopko Yu.A.¹, Plotnikov A.O.¹

¹Institute for cellular and intracellular symbiosis UrB RAS, Orenburg, Russia

²Kazan institute of biochemistry and biophysics KSC RAS, Kazan, Russia

e-mail: gogolewaoa@yandex.ru

Abstract:

For the first time hydrocarbon-oxidizing communities of enrichment cultures from mouths of salt rivers in Elton region have been studied with the method of 16S metagenomic sequencing. Taxonomical diversity of the communities has been revealed. In the enrichment cultures representatives of the Proteobacteria phylum predominate, including two prevalent classes Gammaproteobacteria and Alphaproteobacteria. The widest species diversity have been revealed in the Khara River, the minimal one have been found in the Solyanka River.

Keywords:

Hydrocarbon-oxidizing bacterial plankton, salt rivers, NGS, Illumina, 16S metagenomic analysis.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДЫ ОЗЕРА ГУСИНОЕ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Дагурова О.П.¹, Гаранкина В.П.¹, Дамбаев В.Б.¹, Белькова Н.Л.²

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

²Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: dagur-ol@mail.ru

Абстракт:

Измерены микробиологические показатели воды озера Гусиное (Западное Забайкалье, Бурятия). Определено разнообразие микробного сообщества. По санитарно-микробиологическим показателям вода озера Гусиное может быть использована в рекреационных и хозяйственных целях.

Ключевые слова:

озеро Гусиное, микробное сообщество, санитарно-микробиологические показатели

На территории Западного Забайкалья озеро Гусиное является самым большим водоемом по размерам водосборной площади бассейна (924 км²). Длина озера составляет 25 км, ширина 8,5 км, глубина до 28 м. Самым длинным притоком озера Гусиное считается река Загустай [1]. Озеро имеет рыбохозяйственное и рекреационное значение, является источником питьевой воды для жителей села Гусиное Озеро. Данный водный объект подвергается значительной антропогенной

нагрузке в связи с деятельностью Гусиноозерской ГРЭС и Холбоджинского угольного разреза [2]. Ранее по численности бактерий в донных отложениях озеро было оценено как испытывающее повышенное антропогенное воздействие, особенно в прибрежных участках [3].

Цель исследования – определить микробиологические показатели воды озера Гусиное.

Отбор проб для проведения анализа осуществлен в различные сезоны 2013-2014 гг. на 11 станциях озера, включая участки с наибольшим рекреационным воздействием. В период исследования температура воды колебалась от 0,3–25,4°C. Значения pH находились в пределах 7,4–10,2. Минерализация вод в среднем составляла 283 мг/л. Общая численность бактерий достигала до 2,5 млн. кл/мл. Наибольшее количество зафиксировано в водозаборе ГРЭС. С помощью молекулярного клонирования в составе микробного сообщества озера Гусиное были выявлены представители пяти фил эубактерий: Proteobacteria, Bacteroidetes, Verrucomicrobia, Firmicutes и Cyanobacteria. Наиболее широко представлена фила Bacteroidetes (65,9% от числа всех исследованных микроорганизмов). Proteobacteria составляли 24,4% от общего числа, внутри филума преобладал класс Betaproteobacteria (19,5% от числа всех протеобактерий).

Показано, что в воде широко распространено гетеротрофное микробное сообщество, участвующее в процессах деструкции органического вещества терригенного и речного происхождения. Так, в июле выявлены высокие значения деструкции органического вещества. Самые низкие показатели и продукции и деструкции были на станции около Холбоджинского угольного разреза. Максимальное значение органотрофных бактерий обнаружено в зоне теплых вод, рядом с железнодорожной станцией и в устье реки Тэли. Коли-индекс находился в пределах нормы, установленной для вод открытых водоемов для рекреационных и хозяйственных целей. Максимальное значение бактерий группы кишечной палочки зафиксировано в литорали против устья реки Загустай, где происходит сброс канализационных вод. Полученные результаты имеют значение для мониторинга данного водного объекта, подверженного антропогенным воздействиям.

Список литературы:

1. Борисенко И.М., Пронин Н.М., Шайбонов Б.Б. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 1994 г. -196 с.
2. Ульзетуева И.Д., Хахинов В.В., Намсараев Б.Б., Звонцов И.В. Гусиное озеро как индикатор загрязнения акватории Байкала // Экология и промышленность России. №9. 2001 г. С.30-31.
3. Хахинов В.В., Намсараев Б.Б., Ульзетуева И.Д., Бархутова Д.Д., Абидуева Е.Ю., Банзаракцаева Т.Г. Гидрохимические и микробиологические характеристики Гусино-Убукунских водоемов // Водные ресурсы. 2005. Т. 32. №1. С. 79-84.

MICROBIOLOGICAL INDEXES OF WATER OF LAKE GUSINOE (WESTERN ZABAIKALIE)

Dagurova O.P.¹, Garankina V.P.¹, Dambaev V.B.¹, Belkova N.L.²
Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
²*Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia*
e-mail: dagur-ol@mail.ru

Abstract:

Microbiological indexes of water of Lake Gusinoe (Western Transbaikalia, Buryatia) were measured. Diversity of the microbial communities was determined. Water of Lake Gusinoe might be used for recreational and commercial purposes according to the sanitary-microbiological indexes.

Keywords:

Lake Gusinoe, microbial community, sanitary-microbiological indexes

РАЗНООБРАЗИЕ АНАЭРОБНЫХ ПСИХРОФИЛЬНЫХ И ПСИХРОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ХОЛОДНЫХ ИСТОЧНИКАХ СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЯ

Дамбинова Е.Ц., Банзаракцаева Т.Г.
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия
e-mail: ekaterina_dambinova@mail.ru

Абстракт:

Исследовано функциональное разнообразие психрофильных и психротрофных микроорганизмов в холодных источниках Северного Прибайкалья.

Ключевые слова:

холодные источники, микробные сообщества, психрофильные микроорганизмы, психротрофные микроорганизмы.

Микробные сообщества, функционирующие в условиях низких температур и олиготрофности, являются практически единственной живой компонентой, осуществляющей процессы трансформации вещества и энергии в наземных холодных источниках.

Цель работы: изучение разнообразия анаэробных психрофильных и психротрофных микроорганизмов в холодных источниках Северного Прибайкалья.

Были исследованы образцы донных осадков четырех источников Буксыхен. Исследуемый источник характеризуется температурой 4-7°C, минерализацией до 61 мг/дм³, рН 8,0-8,6 и окисленными условиями (E_h +142 - +340 мВ). Физико-химические показатели воды измеряли *in situ* с помощью портативных приборов: кислотность среды (рН) - потенциометрическим рН-метром рНер2 (Португалия), значения общей минерализации - тестер-кондуктометром TDS - 4 (Сингапур). Культивирование протеолитических бактерий проводилось методом анаэробного культивирования на твердых средах при температуре 7°C [1]. Для анализа полученных штаммов бактерий был использован метод MALDI масс-спектрометрии целых клеток.

Были получены накопительные культуры пептолитических бактерий на среде Пффенга с добавлением 1,5% пептона. После пересева на твердую среду были отобраны 24 штамма и перенесены в жидкую среду. С помощью использования метода MALDI масс-спектрометрии целых клеток, полученные штаммы были сгруппированы по родам. Филогенетический анализ полученных последовательностей показал, что 3 штамма генетически отдалены от известных видов и представляют собой новые таксоны.

Штамм Bu-zh-1 отнесен к роду *Janthinobacterium*, близок к виду *Janthinobacterium lividum* (99,4%) получен из пробы донного осадка желудочного источника Буксыхен. Микроорганизмы этого вида являются грамотрицательными факультативно-анаэробными бактериями, обитающими в низкотемпературных экосистемах. Клетки представляют собой подвижные палочки длиной от 2 до 6 мкм. Колонии гладкие блестящие размером до 4 мм. Факультативная анаэробная бактерия. Психротолерантный мезофил: диапазон роста: от 7-42°C, оптимум 29°C.

Штамм Bu-sh-16 отнесен к роду *Yersinia*, близок виду *Yersinia kristensenii* (99,1%) получен из пробы донного осадка щитовидного источника Буксыхен. Клетки представляют неподвижные палочки, напоминающие фитильки. Колонии круглые гладкие блестящие с ровным краем диаметром 1-2 мм. Грамотрицательная факультативно-анаэробная бактерия, часто обнаруживаемая в желудочно-кишечном тракте животных. Диапазон роста от 7 до 42°C, оптимум- 20°C [2].

Штамм Bu-S-21 по данным анализа 16S рНК представляет собой новый вид рода *Duganella*, наиболее близок виду *Duganella zoogloeoides*, получен из пробы донного осадка сердечного источника Буксыхен. Являются грамотрицательными факультативно-анаэробными бактериями, обитающими в низкотемпературных экосистемах. Клетки представлены мелкими палочками длиной 1-2 мкм. Колонии мелкие гладкие блестящие. Облигатный психрофил с оптимумом роста при 7-10°C и отсутствием роста при температуре выше 20°C [3].

Таким образом, полученные результаты показали, что в донных отложениях источника Буксыхен обитают психрофильные и психротолерантные гидролитические микроорганизмы, которые метаболически активны при низкой температуре. Впервые из 4 источников Буксыхен выделены чистые культуры психротолерантных протеолитических факультативно-анаэробных бактерий родов *Janthinobacterium* и *Duganella*, по предварительным данным, представляющие новые виды таксонов.

Список литературы:

1. Hungate R.E. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes // In: Methods in microbiology 13. Eds. Norris J.R., Ribbons D.W. New York: Acad., 1969. V. 1. P. 117.
2. Bercovier H. et al. *Yersinia kristensenii*: A new species of *Enterobacteriaceae* composed of sucrose-negative strains (formerly called atypical *Yersinia enterocolitica* or *Yersinia enterocolitica*-like) // Current Microbiology. 1980. Vol. 4, №. 4. P. 219-224.
3. Hiraishi A., Shin Y.K., Sugiyama J. Proposal to reclassify *Zoogloea ramigera* IAM 12670 (P. R. Dugan 115) as *Duganella zoogloeoides* gen. nov., sp. nov. // Int. J. Syst. Bacteriol. 1997. Vol. 47. P. 1249-1252.

DIVERSITY OF ANAEROBIC PSYCHROPHILIC AND PSYCHROTROACTIVE BACTERIA IN COLD SPRINGS OF NORTHERN PRIBAIKALIE

Dambinova E.Ts., Banzaraktsaeva T.G.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia

e-mail: ekaterina_dambinova@mail.ru

Abstract:

Studied functional diversity of psychrophilic and psychrotrophic microorganisms in the cold springs of Northern Pribaikalie that are metabolically active at a low temperatures.

Keywords:

cold springs, microbial communities, psychrophilic bacteria, psychrotrophic bacteria

ИССЛЕДОВАНИЕ АССОЦИАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ С ПОМОЩЬЮ КЛЕТОЧНОЙ КУЛЬТУРЫ ПРИММОРФ БАЙКАЛЬСКОЙ ГУБКИ *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS*

Деникина Н.Н., Черногор Л.И., Белькова Н.Л., Ханаев И.В., Беликов С.И.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: denikina@lin.irk.ru

Абстракт:

Проведено метагеномное секвенирование ампликона рДНК примморф *L. baicalensis*. Биоинформационный анализ выявил основных симбионтов зеленых примморф *L. baicalensis* – эукариотических хлорофитовых водорослей порядка Chlorellales. Прокариоты представлены 5 основными филами: Cyanobacteria, Verrucomicrobia, Proteobacteria, Bacteroidetes и Planctomycetes. Среди цианобактериальных структур доминировали *Prochlorococcus* и близкие к нему представители семейства Prochlorococcaceae. При анализе примморф больших губок отмечено уменьшение доли хлорофитовых водорослей, возрастание численности цианобактерий и появление более широкого спектра таких протеобактерий как *Ralstonia*, *Proteus*, *Massilia* и *Oxalicibacterium*.

Ключевые слова:

симбиотические микроорганизмы, губки, примморфы, озеро Байкал

Губки семейства Lubomirskiidae (Porifera, Demospongiae) – важный элемент экосистемы озера Байкал, они являются наиболее массовыми эндемичными животными литорали. Байкальские губки *Lubomirskia baicalensis* примитивные многоклеточные симбиотические животные, являющиеся сложными консорциями множества видов. Ранее мы показали, что длительное культивирование клеточной культуры примморф позволяет создать живую модель в экспериментально контролируемых условиях, в отсутствие каких-либо дополнительных органических компонентов (Chernogor et al., 2011). В последние годы отмечаются случаи массовой гибели губок *L. baicalensis*. Цель заключалась в исследовании ассоциации микроорганизмов с помощью длительного культивирования клеточной культуры примморф, полученной из зеленой (здоровой) и розовой (больной) байкальской губки *L. baicalensis* и их метагеномного анализа.

Губки были собраны в 2012 году с глубины 20 м возле мыса Хобой, с помощью водолазного снаряжения. Суммарную ДНК выделяли с применением набора ДНК-сорб В (ФГУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва). Амплификацию фрагмента гена рРНК, содержащего три варибельных района V1-V3, проводили на зубактериальных праймерах V1-9F: 5'-X-AC-GAGTTTGATCMTGGCTCAG-3' и V3-541R: 5'-X-AC-WTTACCGCGGCTGCTGG-3' (Chun et al., 2010). Метагеномное секвенирование ампликона рДНК произведено на пиросеквенаторе 454 Genome Sequencer FLX Titanium (Roche) компанией ChunLab Inc. (Республика Корея).

Последующий анализ позволил определить основных симбионтов зеленых (здоровых) примморф *L. baicalensis*, среди которых доминировали эукариотические хлорофитовые водоросли порядка Chlorellales (61,5%). Прокариоты представлены 5 основными филами: Cyanobacteria, Verrucomicrobia, Proteobacteria, Bacteroidetes и Planctomycetes. Так, среди цианобактериальных структур, составляющих 11,5% от суммы последовательностей, доминировали *Prochlorococcus* и близкие к нему представители семейства Prochlorococcaceae. *Methylacidiphilum* и представители семейства Chitinophagaceae численно доминировали среди Verrucomicrobia и Bacteroidetes, составляя 7,2 и 3,5%, соответственно. Proteobacteria представлены более широким спектром таксонов, с небольшим преимуществом представителей семейства Nuphromicrobiaceae, относящихся к классу Alphaproteobacteria. Planctomycetes представлены небольшим спектром не охарактеризованных таксонов. При анализе больших губок (розовых примморф) отмечено уменьшение доли хлорофитовых водорослей (0,04%). Количество цианобактерий, в частности *Prochlorococcus*, выросло до 87,2%. Отмечается появление более широкого спектра таких протеобактерий как *Ralstonia*, *Proteus*, *Massilia*, *Oxalicibacterium*, а также неидентифицированных представителей семейств: Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Solimonadaceae, Muxococcaceae,

Xanthomonadaceae. Таким образом, показано, что у больных губок происходит элиминация фотосинтезирующих зеленых водорослей с заменой их на цианобактерии.

Работа поддержана Бюджетным проектом ЛИИ СО РАН VI.50.1.4 «Молекулярная экология и эволюция ...» (№ 0345–2014–0002).

Список литературы:

1. Chernogor L.I., Denikina N.N., Belikov S.I., Ereskovsky A.V. Long-term cultivation of primmorphs from freshwater Baikal sponges *Lubomirskia baicalensis* // *Mar Biotechnol.* 2011. V. 13. P. 782–792.
2. Chun J., Kim K.Y., Lee J.H., Choi Y. The analysis of oral microbial communities of wild-type and toll-like receptor 2-deficient mice using a 454 GS FLX Titanium pyrosequencer // *BMC Microbiol.* 2010. V. 10. P. 101.

ASSOCIATION OF MICROORGANISMS USING CELL CULTURE OF PRIMMORPHS OF BAIKAL SPONGE LUBOMIRSKIA BAICALENSIS

Denikina N.N., Chernogor L.I., Belkova N.L., Khanaev I.V., Belikov S.I.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

e-mail: denikina@lin.irk.ru

Abstract:

Comparative metagenomic analysis of the microflora of a healthy (green) and sick (pink) sponge *L. baicalensis* was performed using the cell culture of primmorphs. The green (healthy) primmorphs were dominated by eukaryotic chlorophycean algae of the order Chlorellales (61.5%), whereas *Prochlorococcus* made up 11.5% of the sequences in the cyanobacterial structures. We found the substantial change of the symbiotic community in sick (pink) primmorphs. The percentage of chlorophycean algae decreased to 0.04% with the dominance of cyanobacteria, in particular *Prochlorococcus*. The results obtained will expand understanding of symbiotic relationships in freshwater sponges.

Keywords:

Baikal sponges, cell culture of primmorphs, association of microorganisms.

ВИРИОНЕЙСТОН, ВИРИОПЛАНКТОН, ВИРИОБЕНТОС – СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ МИКРОБНОЙ ПЕТЛИ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Дрюккер В.В., Дутова Н.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия,

e-mail: drucker@lin.irk.ru

Абстракт:

Установлены закономерности таксономического разнообразия, численности и размерного спектра бактериофагов нейстонной пленки, планктона и бентоса в экосистеме глубоководного олиготрофного озера Байкал.

Ключевые слова: бактериофаги, разнообразие, численность, размерный спектр, озеро Байкал.

В настоящее время одним из приоритетных направлений биологической науки является изучение вирусов-бактериофагов, постоянно функционирующих в различных водных экосистемах. Автохтонные бактериофаги сравнительно недавно обнаружены в морях и океанах [5] и являются наиболее многочисленными биологическими объектами в водных экосистемах – до 10^{8-9} частиц/мл. Выяснено, что вирусы морских и пресноводных микроорганизмов, входящих в состав как планктона, так и бентоса, играют ключевую роль в контроле численности и видового многообразия своих хозяев, а также определяют формирование сложных микробиоценозов. Таким образом, фаги во многом могут определять состав и качество вод.

Нами впервые в водной толще олиготрофного, самого глубокого и древнего озера мира – Байкале методом трансмиссионной электронной микроскопии (LEO-906, Германия; ультрацентрифугирование: бакет-ротатор Beckman-L8-55, 100000g, время 1,5 ч.) обнаружены во всей водной толще и идентифицированы по международной классификации [4] автохтонные бактериофаги [1]. Результаты показали их высокое таксономическое разнообразие – большинство изученных фагов – 76% относится к отряду Caudovirales (хвостовые фаги), объединяющему три семейства: Siphoviridae (морфотипы B_1 , B_2 , B_3) – 40-59%, Podoviridae (морфотипы C_1 , C_2) – 11-32%, Myoviridae (морфотипы A_1 , A_2) – 6-25%. В вириопланктоне Байкала также найдены представители семейств Microviridae, Leviviridae, Inoviridae. Особый интерес представляют обнаруженные редкие формы фагов, которые не описаны авторами для других водных экосистем: имеющие капсид в форме «юлы»; с радиально отходящими от капсида шиповидными выростами; с двумя оболочками и толстым хвостовым отростком; с вытнутым капсидом поперек хвостового отростка

в форме «молотка». Изучены также численность и размерный спектр вириопланктона водной толщи озера Байкал [2, 3].

Вирусное сообщество нейстона оз. Байкал, находящегося на границе раздела фаз вода-воздух, характеризовалось значительным разнообразием морфотипов. В отличие от водной толщи, в нейстоне основную часть составляют бесхвостые бактериофаги – 65%, относящиеся к семействам Microviridae, Leviviridae, Testiviridae. Фаги с укороченными хвостовыми отростками семейства Podoviridae составляют около 25%, представители семейств Siphoviridae и Myoviridae, отличающиеся своей морфологией и наличием хвостового отростка, были немногочисленны – около 10%. В нейстоне были найдены нитчатые фаги семейства Inoviridae, представленные длинными прямыми и тонкими изогнутыми нитями. Впервые для экосистемы Байкала отмечено наличие редких «булавовидных» фаговых частиц, а также в форме прямых палочек без оболочек, напоминающих вирус «табачной мозаики». Исследован размерный спектр этих фагов (см. тезисы: Дутова Н.В., Дрюккер В.В.).

Изучен морфологический состав и размерная структура фагов, входящих в микробиоценозы, формирующиеся в литорали озера Байкал на геологических породах: мрамор, гранит, слюда, кварц, габбро, уртит. В отличие от водной толщи и нейстона, в бентосных сообществах доминируют фаги семейства Podoviridae - 40-50%, на втором месте по встречаемости – 35-45%, мелкие фаговые частицы без отростков.

Таким образом, в составе микробной петли различных биотопов пресноводной олиготрофной экосистемы озера Байкал нами изучены закономерности таксономического разнообразия, численности и размерного спектра вирионейстона, вириопланктона и вириобентоса.

Работа поддержана грантом РФФИ-Сибирь № 14-45-04013.

Список литературы:

1. Дрюккер В.В., Дутова Н.В. Фаги озера Байкал // Микроорганизмы в экосистемах озер, рек, водохранилищ: Тезисы Международного Байкальского Микробиологического Симпозиума, Иркутск, 8-13 сентября, 2003.- Иркутск, Изд-во Института географии СО РАН, 2003. С.35.
2. Дрюккер В.В., Дутова Н.В. Изучение морфологического разнообразия бактериофагов озера Байкал // Докл. ДАН. 2006. Т. 410, №6. С. 847-849.
3. Дрюккер В.В., Дутова Н.В. Бактериофаги как новое трофическое звено в экосистеме глубоководного озера Байкал // Докл. ДАН. 2009. Т. 427, №2. С. 277-281.
4. Ackermann H.W. Frequency of morphological phage in 1995 // J. Arch. Virol. 1966. N 141. P. 209-218.
5. Bergh O., Borsheim K.Y., Bratbak G., Heldal M. High abundance of viruses found in aquatic environments // Nature. 1989. Vol. 340. P. 467-468.

VIRIONEUSTON, VIRIOPLANKTON, AND VIRIOBENTHOS: MICROBIAL LOOP COMPONENTS OF LAKE BAIKAL ECOSYSTEM

Drucker V.V., Dutova N.V.

*Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
e-mail: drucker@lin.irk.ru*

Abstract:

We have determined the characteristics of taxonomic diversity, abundance and size range of neustonic, planktonic and benthic bacteriophages in the deep-water oligotrophic ecosystem of Lake Baikal.

Keywords:

bacteriophages, diversity, abundance, size range, Lake Baikal.

ВИРИОНЕЙСТОН ОЗЕРА БАЙКАЛ

Дутова Н.В., Дрюккер В.В.

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
e-mail: drucker@lin.irk.ru*

Абстракт:

Впервые представлены результаты исследования вирионейстона оз. Байкал, находящегося на границе раздела фаз вода - воздух. Показана высокая степень таксономического разнообразия вирусного сообщества нейстона.

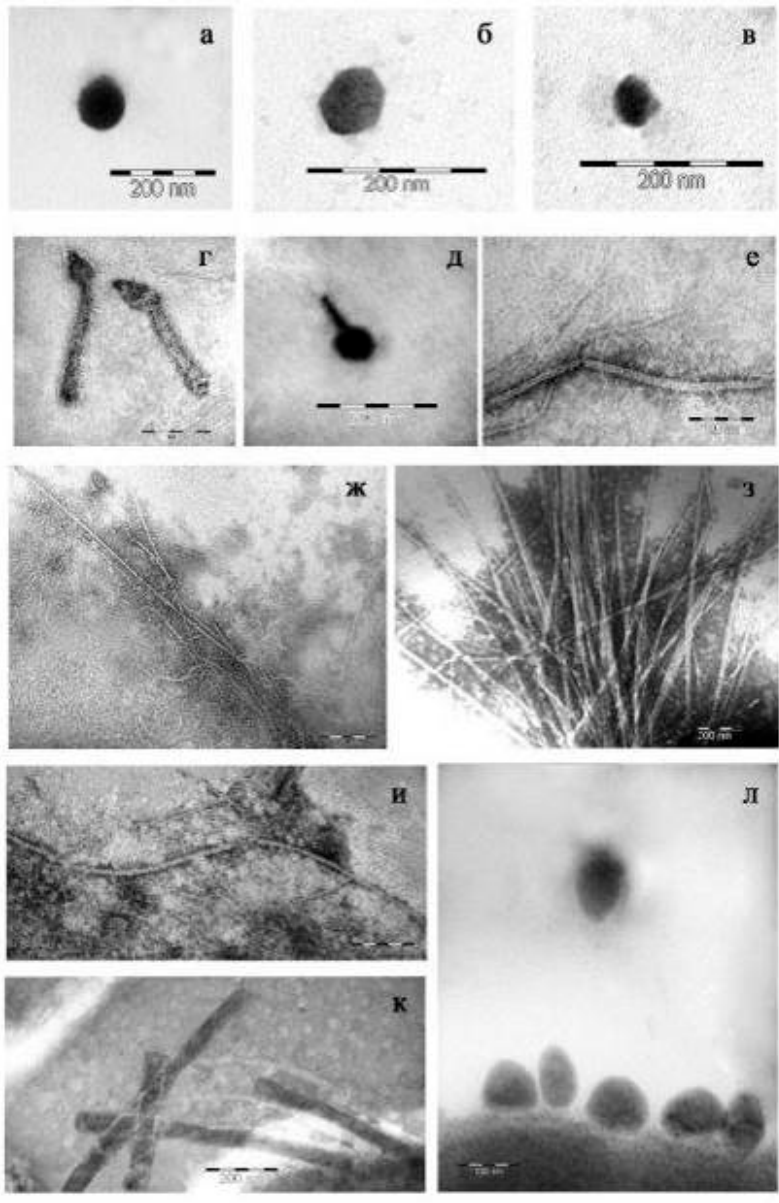
Ключевые слова:

вирионейстон, Байкал, морфотипы, бактериофаги, морфологическое разнообразие

В настоящее время установлено, что вирусы являются многочисленным и динамичным компонентом водных экосистем. Они играют значимую роль в регуляции численности, структуры и разнообразия микробных сообществ. Впервые нами в воде олиготрофного озера Байкал методом трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) обнаружены и идентифицированы

автохтонные бактериофаги. [2]. Изучен таксономический состав, размерная структура, численность и сезонная динамика вириопланктона. Целью настоящей работы стало изучение вирусного сообщества нейстона оз. Байкал на границе раздела фаз вода - воздух. Пробы поверхностного микрослоя воды были отобраны в Южном и Среднем Байкале на 11 станциях. Забор проводился металлической сеткой - диаметр 26,5 см, толщина забираемого слоя воды составила 362 - 420 мм. Для обработки проб использовалась методика, описанная ранее [2]. Препараты просматривали на ТЭМ "LEO-906E", таксономический состав бактериофагов определяли по Аккерману [3].

Вирусное сообщество нейстона оз. Байкал, находящегося на границе раздела фаз вода - воздух, характеризовалось значительным разнообразием морфотипов. В поверхностном микрослое воды основную часть - 65% составляли бесхвостые бактериофаги (рис. а, б), предположительно относящиеся к семействам Microviridae, Leviviridae, Tectiviridae. Менее распространенными вирусами бактерий - 25% явились фаги с укороченными конусовидными отростками семейства Podoviridae (C₁, C₂) (рис. б). Представители семейств Siphoviridae (B₁, B₂) и Myoviridae (A₁, A₂), отличающиеся своей морфологией, наличием хвостового отростка и обладающие специализированными терминальными структурами были немногочисленны - около 10% (рис. г, д). В вирионейстоне отмечены бактериофаги, обладающие сходными структурными признаками с вирусами редких семейств - Rudiviridae (рис. к), Fuselloviridae (рис. л), которые



ранее в озере не встречались. Среди морфологических типов фаговых частиц большое распространение в поверхностной пленке воды озера получили фаги семейства Inoviridae, которые представлены длинными (до 2000 нм) жесткими (рис. з, ж) и гибкими (рис. е, и) нитями. Известно, что нитчатые фаги в основном являются лизогенными или умеренными фагами, инфекция которых широко распространена среди грамотрицательных бактерий [1]. В размерной структуре преобладали мелкие вирусы бактерий с диаметром капсида 30 - 60 нм - 44%. Фаги размером более 80 нм и класс частиц $\geq 60 - 80$ нм составили 23% и 28% соответственно. Частота встречаемости фагов размером < 30 нм оказалась незначительной - 5%.

Таким образом, впервые проведенные исследования вирионейстона оз. Байкал показали высокое таксономическое разнообразие бактериофагов, их существенное структурное различие в сравнении с вириопланктоном. Присутствие умеренных фагов и их повсеместное развитие в нейстоне озера свидетельствует о широком распространении лизогенных форм бактерий

Рис. Бактериофаги нейстона озера Байкал.

и о важной роли бактериофагов в формировании микробного сообщества на границе раздела фаз вода-воздух.

Работа поддержана Бюджетным проектом ЛИН СО РАН VI.55.1.3.

Список литературы

1. Брюсов Х., Каттер Э. Экология бактериофагов // Бактериофаги. Биология и практическое применение / Ред. Каттер Э., Сулаквелидзе А.М.: Научный мир, 2012. Гл. 6. С. 188 - 234.
2. Дрюккер В.В., Дутова Н.В. Изучение морфологического разнообразия бактериофагов озера Байкал // Докл. Акад. Наук. 2006. Т. 410. С. 847 - 849.
3. Ackermann H.W. Frequency of morphological phase descriptions in 1995 // Arch. Virol. 1996. № 141. P. 209 - 218

VIRIONEUSTON OF LAKE BAIKAL

Dutova N.N., Drucker V.V.

Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
e-mail: drucker@lin.irk.ru

Abstract:

For the first time, we have shown the results of the study of virioneuston in Lake Baikal that is located at the air-water interface. We indicate high taxonomic diversity of neuston viral communities.

Keywords:

virioneuston, Baikal, morphotypes, bacteriophages, morphological diversity.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА ШИРА ПО БИОМАРКЕРАМ ЕГО ФОТОТРОФНОГО СООБЩЕСТВА МИКРООРГАНИЗМОВ, ЗАХОРОНЕННЫМ В ЕГО ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Зыков В.В.¹, Рогозин Д.Ю.²

^{1,2}*Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия*
e-mail: ¹zykovvv@yandex.ru, ²rogozin@ibp.ru

Абстракт:

Был отобран замороженный керн верхних донных отложений озера Шира. С его помощью были получены профили фотопигментов. Пик окенона в слоях образованных после 1945 г. отмечает наличие условий благоприятных для развития пурпурных серных бактерий.

Ключевые слова:

Меромиктические озера, палеолимнология, ископаемые фотопигменты, хроматография

Озеро Шира является известным курортом, целебные свойства воды которого, обеспечивает наличие в воде сероводорода, производимого сульфатредуцирующими бактериями на дне озера. Для озера Шира, имеющего развитое анаэробное фототрофное сообщество индикатором наличия анаэробных условий в прошлом, является присутствие в донных отложениях каротиноида окенона, фотопигмента специфичного для пурпурных серных бактерий. Для проведения палеолимнологических исследований нами был изучен замороженный керн верхних донных отложений, отобранный в марте 2013 г. с помощью специального пробоотборника-намораживателя, изготовленного в Институте биофизики СО РАН по материалам Rending et al. [1]. Особо стоит отметить, что нам удалось отобрать неповрежденными верхние (жидкие) донные отложения, сформировавшиеся за время проведенного Институтом биофизики СО РАН сезонного мониторинга (2002-2013 гг.) [2]. Это позволило сопоставить состав ископаемых фотопигментов с современным состоянием водоема. Из донных отложений были экстрагированы фотопигменты и проведен их хроматографический анализ, по полученным данным были составлены профили вертикального распределения пигментов в верхних слоях донных отложений (Рисунок) и проведено их сравнение с данными ранее полученных кернов. Как видно данные кернов неплохо соотносятся, что позволяет утверждать о репрезентативности результатов. В пигментном составе слоев наблюдается следующая картина - в зоне 0-30 мм, что соответствует примерно 1990-2000-ым годам, в больших количествах (ок. 500 мкг/г) присутствует окенон, данная картина соответствует состоянию озера с современными условиями, а именно наличию в озере стабильной анаэробной зоны с редоксклином на глубине 12-16 м [3]. В образцах соответствующих 140-180 мм окенон отсутствует полностью (что говорит об отсутствии сероводородной зоны), так же это время соответствует периоду пониженного уровня озера (ок. 16 м), при котором озеро, вероятно, переходит в полноперемешиваемый режим. Исходя из этих данных, мы можем сказать, что за период с 1945 года никаких изменений в гидрологическом режиме озера не происходило, и мы имеем право использовать данные мониторинга озера за 2000-ые годы для интерпретации пигментного состава донных отложений, сформировавшихся в более ранние периоды.

Работа выполнена при поддержке: гранта ККФН Доп. Соглашение № 38 от 10 ноября 2014 г. и совместного гранта РФФИ и ККФН № 15-45-04272

Список литературы:

1. Renberg I., Hansson H. A pump freeze corer for recent sediments. // *Limnol. Oceanogr.* 1993. V. 38, No. 6. P. 1317-1321.
2. Rogozin D.Y., Genova S.N., Gulati R.D., Degermendzhy A.G. Some generalization based on stratification and vertical mixing in meromictic Lake Shira, Russia, in period 2002-2009 // *Aquatic Ecology.* 2010. V. 44, № 3. P. 485-496.
3. Зыков В.В., Рогозин Д.Ю., Калугин И.А., Дарьин А.В. Дегерменджи А.Г. Каротиноиды в донных отложениях озера Шира (Россия, Хакасия) как палеоиндикатор для реконструкции состояния озера // *Сибирский экологический журнал.* 2012. № 4.

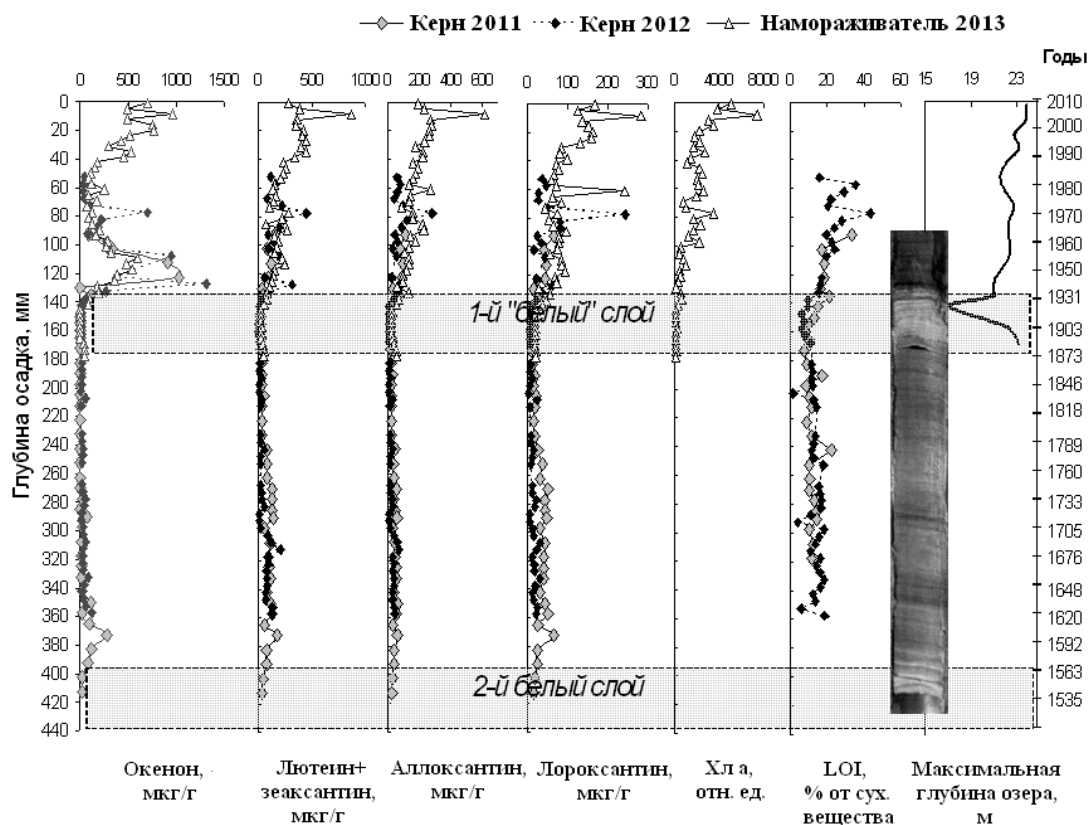


Рисунок. Профили вертикального распределения фотопигментов в ядрах донных отложений озера Шира, отобранных в 2011, 2012, и в 2013 (замороженный ядро) годах, в сравнении с максимальной глубиной озера соответствующей времени образования донных отложений.

RECONSTRUCTION OF ECOLOGICAL STATE OF LAKE SHIRA (SOUTH SIBERIA) BY THE ANALYSIS OF FOSSIL PHOTOPIGMENTS OF PHOTOTROPHIC MICROBIAL COMMUNITY OF BOTTOM SEDIMENTS

Zykov V.V.¹, Rogozin D.Y.²

^{1,2} *Institute of biophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Science, Krasnoyarsk, Russia*

e-mail: ¹zykovvv@yandex.ru, ²rogozin@ibp.ru

Abstract:

We have obtained frozen core of upper bottom sediments of Shira Lake. Vertical distribution of fossil photopigments shows that peak of okenone in layers formed later than 1945 indicates presence of condition favorable for development of purple sulfur bacteria.

Key words:

Meromictic lake, paleolimnology, fossil photopigments.

ТЕРМОФИЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ КУЛЬДУРСКИХ ГОРЯЧИХ ИСТОЧНИКОВ

Калитина Е.Г., Харитоновна Н.А., Вах Е.А.

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

e-mail: microbiol@mail.ru

Абстракт:

В горячих источниках Кульдурского термального поля проведено изучение распространения, структуры и численности различных эколого-трофических групп термофильных бактерий, осуществляющих геохимические циклы веществ. Результаты показали, что термальные воды Кульдур населены разнообразной микрофлорой, при этом в источниках доминируют микроорганизмы цикла азота. Выделенные бактериальные культуры представляют интерес для биотехнологии.

Ключевые слова:

термофильные бактерии, горячие источники, геохимические циклы, эколого-трофические группы

Кульдурское термальное поле располагается в северо-западной части Еврейской автономной области. Вскрытые несколькими скважинами горячие воды (температура до 72 градусов) имеют щелочной состав и относятся к азотно-кремнистому типу [1]. Несмотря на многолетние режимные наблюдения за температурой и химическим составом термальных вод, сведения о населяющих их термофильных бактериях и их роли в круговороте веществ очень ограничены и практически отсутствуют. В связи с этим целью работы было изучить распространение, численность и состав эколого-трофических групп термофильных бактерий, осуществляющих геохимические циклы веществ в Кульдурских термальных источниках.

В качестве объектов исследования являлись микробные сообщества Кульдурских термальных источников: скважина 1-87 (72°C, проточная), скважина 2-87 (72°C, проточная), скважина 3-87 (54-58°C, непроточная), скважина 3-51 (54-58°C, непроточная). Пробы воды отбирали в соответствии с ГОСТ Р 53415-2009. Для культивирования микроорганизмов различных эколого-трофических групп использовали специально подобранные селективные среды [2-4]. Численность микроорганизмов определяли с использованием метода предельных разведений и метода Коха [2].

Результаты исследования показали, что общая численность бактериопланктона в Кульдурских термах варьировала от $3,1 \times 10^4$ до $4,7 \times 10^6$ кл/мл, при этом наибольшие ее количества были отмечены в непроточных скважинах № 3-87 и № 3-51, где температура воды составляла 54-58°C. В исследуемых источниках в основном преобладали палочковидные формы бактерий длиной 1,0-3,0 мкм. Численность копиотрофов была относительно не высока ($1,7 \times 10^2$ - $7,8 \times 10^3$ кл/мл), что может быть связано с пониженным содержанием органического углерода в воде. Количество олиготрофов в термах в среднем составляло $3,6 \times 10^2$ кл/мл. В составе биоценоза присутствовали как аэробные, так и анаэробные формы сапрофитов, при этом содержание анаэробных форм бактерий было в 2,5 раза выше. Численность денитрифицирующих микроорганизмов составляла в среднем $6,1 \times 10^3$ кл/мл. В скважинах № 1-87 и № 2-87 была обнаружена небольшая численность термофильных бесцветных серобактерий и тионовых бактерий ($3,2 \times 10^2$ - $5,6 \times 10^2$ кл/мл). Бесцветные серобактерии окисляли сероводород с накоплением в клетках серы, в виде отдельных гранул и были близки к родам *Thiothrix* и *Beggiatoa*. Тионовые бактерии накапливали серу в среде и по физиолого-биохимическим свойствам были близки к *Thiobacillus intermedius*. Численность термофильных железобактерий, окисляющих двухвалентное железо в трехвалентное, составляла в среднем $5,3 \times 10^1$ - $1,4 \times 10^2$ кл/мл, при этом наибольшие количества бактерий были отмечены в скважине № 1-87. Изучение слизистого охристого осадка выявило присутствие нитчатых железобактерий морфотипа *Leptothrix* и *Gallionella* sp.

Таким образом, особенности химического состава, низкое содержание органики, наличие восстановительной обстановки в термальных водах Кульдур влияет на развитие разнообразных функциональных групп бактерий, что в целом создает в них специфический микробиологический пейзаж. В результате выполнения исследований были выделены накопительные и чистые культуры микроорганизмов различных функциональных групп, способных расти в щелочных условиях среды (рН 8,5-9,5) при температурах (54 - 72°C). Выделенные бактериальные культуры представляют интерес для биотехнологии как активные ремедиаторы среды, устойчивые к высоким значениям температуры и рН.

Список литературы:

1. Компаниченко В.Н., Потурай В.А., Рапопорт В.Л. Особенности химического состава вод Кульдурского термального поля // Региональные проблемы. 2009. № 12. С. 20-25.
2. Кузнецов С. И. Методы изучения водных микроорганизмов / Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. М.: Наука, 1989. 228 с.
3. Токаренко О.Г. Микробиологический состав минеральных вод Терсинского месторождения // Севергеоэкотех. Ухта, 2006. С. 384-387.

4. Distribution, diversity and activity of microorganisms in the hyper-alkaline spring waters of Maqarin in Jordan / Pedersen K., Nilsson E., Arlinger J., Hallbeck L., O'Neill A. // *Extremophiles*. 2004. №8. P. 151-164.

THERMOPHILIC BACTERIA IN HOT SPRINGS KULDUR

Kalitina E.G., Charitonova N.A., Vach E.A.

Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

e-mail: microbiol@mail.ru

Abstract:

The thermal hot springs Kuldur field studied distribution structure and number of different eco-trophic groups of thermophilic bacteria, carrying out geochemical cycles of substances. The results showed that the thermal water Kuldur populated diverse microflora, while the sources of the nitrogen cycle is dominated by the microorganisms. The isolated bacterial cultures are of interest for biotechnology.

Keywords:

thermophilic bacteria, hot springs, geochemical cycles, ecological-trophic groups

РАЗНООБРАЗИЕ ФОТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В СИМБИОТИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВАХ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК

Калюжная О.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: kaluzhnaya.oks@gmail.com

Абстракт:

В составе микробных сообществ губок оз. Байкал присутствуют фотосимбионты, благодаря которым губки на глубинах проникновения света имеют зеленую окраску. С помощью консервативного участка гена *psbA*, кодирующего белок D1 фотосистемы II, изучено разнообразие хлорофилл-содержащих микроорганизмов в микробиомах трёх образцов байкальской губки *Baikalospongia intermedia*. В исследуемых сообществах обнаружены последовательности *psbA* цианобактерий, цианофагов, а также зеленых, золотистых и хризидиальных водорослей.

Ключевые слова:

байкальские губки, микробные сообщества, фотосимбионты, ген *psbA*.

Губки – фильтрующие воду животные, аккумулируют в своём теле разнообразные микроорганизмы (гетеротрофные бактерии, археи, микроскопические водоросли, цианобактерии, динофлагелляты и т.д.), которые участвуют в процессах фотосинтеза, круговорота азота, анаэробного метаболизма, а также выполняют защитные функции [4]. Эндемичные представители Байкальской спонгиофауны достигают максимального развития на глубинах проникновения света, где они повсеместно обрастают выступы скал и каменистый субстрат. Благодаря развитию в микробных сообществах губок микроорганизмов-фотосинтетиков, губки на этих глубинах приобретают зеленый цвет. Консервативный ген *psbA*, кодирующий белок D1 фотосистемы II является маркером для выявления в микробных ассоциациях таких фотосинтезирующих групп, как пико-эукариотические водоросли и цианобактерии [5]. В настоящей работе данный ген был использован для изучения разнообразия оксигенных фототрофов в сообществах байкальских губок.

Образцы губки *Baikalospongia intermedia* (IK503, IK506, IK512) были собраны в сентябре 2013 года на глубине 3-5 м. в заливе Улан-Хан. Для сравнения присутствие генов *psbA* выявляли также в окружающем губки водном сообществе. Для этого 200 мл воды фильтровали через мембранный фильтр с размерами пор 0.22 мкм (Millipore). Выделение ДНК осуществляли с помощью набора «РибоСорб». Амплификацию фрагмента гена *psbA* проводили с использованием праймеров PsbA-1F и PsbA-2R [2]. ПЦР-фрагменты ожидаемого размера (750 п.н.) клонировали в вектор *pTZ57R/T* («*Fermentas*»), после чего проводили трансформацию химически компетентных клеток *E. coli* XL1BL. Рекомбинантные клоны секвенировали на автоматическом секвенаторе ABI 3130XL в ЦКП «Геномика» (Новосибирск).

BLAST-анализ полученных последовательностей показал, что в микробиомах губок IK503, IK506, IK512, также как и в водном сообществе, присутствуют гены *psbA* пикоцианобактерий родов *Synechococcus* и *Cyanobium*. Известно, что эти одноклеточные цианобактерии входят состав автотрофного пикопланктона олиготрофных озер, в том числе оз. Байкал [3,1]. Кроме того, в микробиомах губок и воды обнаружены последовательности цианофагов и эукариотических зеленых водорослей *Trebouxia aggregate*, *Chlorella* sp., (*Trebouxiophyceae*), *Acutodesmus obliquus* (*Chlorophyceae*). В водном сообществе дополнительно обнаружены последовательности, родственные генам *psbA* эукариотических водорослей родов *Emiliania huxleyi*, (*Haptophyceae*), *Fusochloris perforata* (*Trebouxiophyceae*), *Ochromonas distigma* (*Chromulinaceae*); в сообществе губки IK503 – генам *psbA* водорослей *Choricystis parasitica*, *Elliptochloris bilobata*, *Oocystis*

solitaria, (Trebouxiophyceae), *Chlorosarcina brevispinosa* (Chlorophyceae), *Emiliana huxleyi*, *Phaeocystis antarctica*, *Chrysochromulina* sp., *Chrysochromulina* sp. (Haptophyceae); в образце IK512 – последовательностям цианобактерий *Fischerella* sp. PCC 9431, *Microcystis aeruginosa*.

Таким образом, показано, что в микробных сообществах байкальских губок присутствует значительное разнообразие окислительных фототрофов. Общими для сообществ губок и воды являлись пикопланктонные цианобактерии и некоторые виды зеленых водорослей. Основные отличия фототрофных сообществ губок были отмечены на уровне видового состава эукариотических фотосимбионтов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-00527-а.

Список литературы:

1. Belykh O.I., Sorokovikova E.G., Saphonova T.A., Tikhonova I.V. Autotrophic picoplankton of Lake Baikal: composition, abundance and structure // *Hydrobiologia*. 2006. № 568(S). P. 9-17.
2. Callieri C. Picophytoplankton in freshwater ecosystems: the importance of small-sized phototrophs // *Freshwater Reviews*. 2007. V. 1. № 1. P. 1-28.
3. Man-Aharonovich D., Philosof A., Kirkup B.C., Le Gall F., Yogev T., Berman-Frank I., Polz M.F., Vaultot D., Beja O. Diversity of active marine picoeukaryotes in the Eastern Mediterranean Sea unveiled using photosystem-II *psbA* transcripts // *The ISME Journal*. 2010. № 4. P. 1044-1052.
4. Webster N.S., Taylor M.W. Marine sponges and their microbial symbionts: love and other relationships // *Environ. Microbiol.* 2012. V. 14. № 2. P. 335–346.
5. Zeidner G., Preston C.M., Delong E.F., Massana R., Post A.F., Scanlan D.J., Beja O. Molecular diversity among marine picophytoplankton as revealed by *psbA* analyses // *Environ. Microbiol.* 2003. V. 5. № 3. P. 212-216.

DIVERSITY OF PHOTOTROPHIC MICROORGANISMS OF BAIKALIAN SPONGE SYMBIOTIC COMMUNITIES

Kaluzhnaya O.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

e-mail: kaluzhnaya.oks@gmail.com

Abstract:

In microbial communities of Lake Baikal sponges present phototrophic symbionts through which sponges at a depth of penetration of light have a green color. With use of a conserved region of the gene *psbA*, encoding a protein D1 of photosystem II, the diversity of chlorophyll-containing organisms in the microbiome of three samples of Baikal sponge *Baikalospongia intermedia* was studied. In the investigated communities were detected *psbA* sequences of cyanobacteria, cyanophage as well as green, golden and chrysophyta algae.

Key words:

Baikalian sponges, microbial community, phototrophic symbionts, gene *psbA*.

РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОБИОТЫ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЫБ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ОЗ. ЧАНЫ

**Кашинская Е.Н.¹, Белькова Н.Л.², Извекова Г.И.³,
Симонов Е.П.¹, Соловьев М.М.¹**

¹*Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

²*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

³*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Россия*

e-mail: elena.kashinskaya@inbox.ru

Абстракт:

Исследовано разнообразие микробных сообществ, ассоциированных со слизистой оболочкой и содержимым кишечника рыб с различной пищевой специализацией.

Ключевые слова:

кишечная микробиота рыб, групп-специфичная ПЦР, метагеномное секвенирование

Потребление пищи, обеспечивающее организм энергетическими и пластическими материалами, – одна из важнейших сторон жизнедеятельности различных животных (Кузьмина, 2005). Для всех видов гидробионтов, в том числе и рыб, потребляемая пища является одним из основных факторов, определяющих микробиоценоз кишечника. В связи с разнообразным типом питания, в пищеварительном тракте рыб отмечена специфичность населяющих его бактерий (Шивокене, 1989). Цель исследования – изучить специфику формирования микробиоценоза желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) рыб разных экологических групп, обитающих в естественных водоемах.

Сбор материала проводили на территории эстуарной части озера Малые Чаны – нижнее течение р. Каргат (Новосибирская область, Россия, 54°37' N, 78°09' E), с 2011 по 2012 г. Половозрелых особей рыб отлавливали жаберными сетями (№45, 55, 65). Для сравнения состава кишечной микробиоты в работе использовали 250 особей 9 видов рыб: серебряный карась *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758), золотой карась *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758), сазан *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1759), плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), елец *Leuciscus leuciscus* (Linnaeus, 1758), язь *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758), окунь *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758), судак *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) и щука *Esox lucius* (Linnaeus, 1758). Разнообразие кишечной микробиоты оценено с помощью различных молекулярно-генетических методов. Для положительной детекции бактерий, ассоциированных со слизистой и содержимым кишечника, использовали 11 групп-специфичных праймеров, комплиментарных фрагменту гена 16S рРНК бактерий на 4 филума (Planctomycetes, Verrucomicrobia, Cyanobacteria и Firmicutes) и 2 класса (Alpha- и Betaproteobacteria) зубактерий, а также 1 филум архебактерий (Euryarchaeota) (Денисова и др., 1999). Для количественного анализа бактериальных сообществ использовали метагеномное секвенирование V3, V4 региона на технологической платформе MiSeq.

Сравнительный анализ кишечной микробиоты рыб разных экологических групп с помощью групп-специфичной ПЦР показал, что наибольшее сходство по составу кишечной микробиоты получено среди сеголеток рыб, ведущих мирный образ жизни (серебряный карась, елец, плотва), а также среди ихтиофагов. Микробиота содержимого кишечника исследуемых видов рыб по результатам кластерного анализа подразделяется на три группы (1-я группа – серебряный карась, елец и плотва; 2-я группа – судак и окунь; 3-я группа – щука). В отношении микробиоты слизистой кишечника таких закономерностей не прослеживается, однако серебряный карась и плотва группируются в отдельный кластер в отличие от остальных видов рыб.

По результатам метагеномного секвенирования половозрелых особей рыб разных экологических групп в слизистой и содержимом кишечника идентифицировано 5434 ОТЕ, которые относятся к 15-ти известным филам бактерий, 2-м филам архей и 1-ой «фантомной» группе бактерий. Среди идентифицированных доминирующее положение составляли филы Proteobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, Actinobacteria и Cyanobacteria. Анализ микробиоты слизистой кишечника и его содержимого выявил различия в соотношении доминирующих фил Bacteroidetes-Proteobacteria для рыб разных экологических групп. В составе минорных групп бактерий прослеживаются значительные вариации. По результатам метагеномного секвенирования микробных сообществ рыб оз. Чаны с различным типом питания показано, что зависимость разнообразия кишечной микробиоты от типа питания прослеживается только в содержимом кишечника, в то время как в слизистой кишечника такой зависимости не выявлено. В содержимом кишечника наибольшее сходство по составу микробиоты получено для всеядных видов рыб – сазана и серебряного карася. В питании этих видов рыб присутствовал детрит и личинки хирономид по сравнению с остальными рыбами. В тоже время, наиболее сходство по составу микробиоты слизистой кишечника получено для рыб разных экологических групп: всеядных (сазан, серебряный и золотой карась), планктофага-бентофага (елец), факультативного бентофага, ихтиофага (окунь). Елец в оз. Чаны проявляет себя как планктофаг-бентофаг. В золотого карася в большом количестве присутствовал детрит и зоопланктон.

Таким образом, представленные данные о составе кишечной микробиоты рыб различных экологических групп демонстрируют, что в разнообразии кишечной микробиоты не всегда прослеживается зависимость от типа питания. Кишечная микробиота наиболее сходна у рыб с различными пищевыми предпочтениями. Кроме того, у тех же видов рыб, с помощью различных молекулярно-генетических методов показаны существенные различия в микробиоте слизистой кишечника по сравнению с его содержимым.

Список литературы:

1. Денисова, Л.Я. Биоразнообразие бактерий на различных глубинах южной котловины озера Байкал, выявленное по последовательностям 16S рРНК / Л.Я. Денисова, Н.Л. Белькова, И.И. Тулохонов, Е.Ф. Зайчиков // Микробиология. 1999. Т. 68. №4. С. 475–483.
2. Кузьмина, В.В. Физиолого-биохимические основы экзотрофии рыб / В.В. Кузьмина. – М.: Наука, 2005. – 300 с.
3. Шивокене, Я. Симбионтное пищеварение у гидробионтов и насекомых / Я. Шивокене. – Вильнюс: Мокслас, 1989. – 223 с.

THE DIVERSITY OF MICROBIAL COMMUNITIES OF GASTROINTESTINAL TRACT OF SEVERAL FISH WITH DIFFERENT FEEDING HABITS IN LAKE CHANY

Kashinskaya E.N.¹, Belkova N.L.², Izvekova G.I.³, Simonov E.P.¹, Solovyev M.M.¹

¹Institute of Animal Systematics and Ecology, Siberian Division RAS, Novosibirsk, Russia

²Limnological Institute, Siberian Division RAS, Irkutsk, Russia

³Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia

e-mail: elena.kashinskaya@inbox.ru

Abstract:

In present study, the diversity of microbial community associated with intestinal mucus and intestinal content of fish with different feeding habits was investigated.

Keywords:

intestinal microbiota of fish, group-specific PCR, metagenomic sequencing.

КРИОМИКРОБОЦЕНОЗЫ ВО ЛЬДАХ РЕКИ АМУР

Кондратьева Л.М.

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

e-mail: kondratevalm@gmail.com

Абстракт:

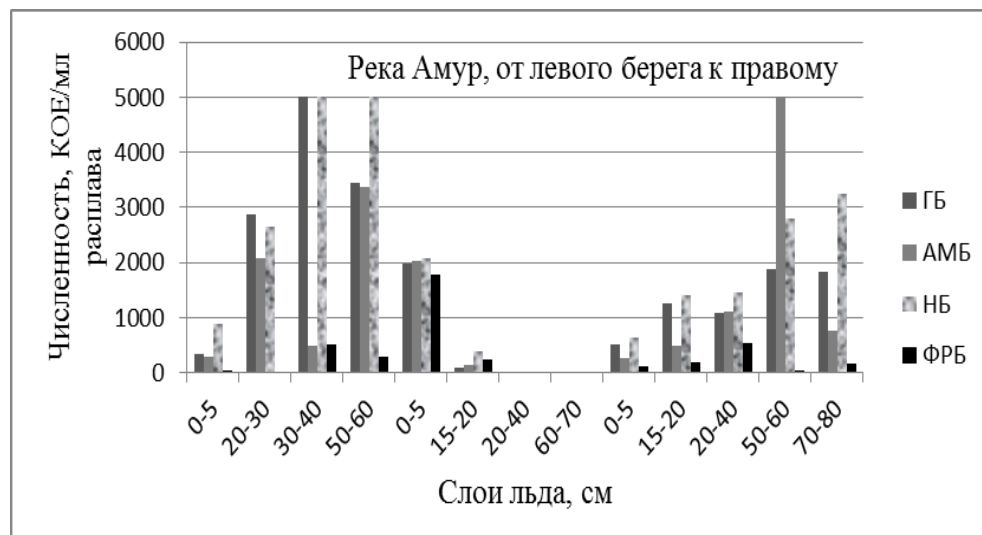
В зимний период 2012 и 2014 гг. проведены исследования структуры микробных комплексов (криомикробоценозов) во льдах реки Амур на разных участках. Показано, что послойное распределение разных физиологических групп бактерий, отражает характер загрязнения воды органическими веществами различного строения и генезиса. Аккумуляция во льдах токсичных веществ и микробиологические процессы отражают экологическую ситуацию в период ледостава и определяют формирование качества воды в весенний период.

Ключевые слова:

криомикробоценозы, лед, Амур, аккумуляция

Пространственно-временная целостность речных экосистем и сезонность воздействия отдельных факторов на качество воды определяют актуальность изучения биогеохимических процессов во льдах. В них могут накапливаться минеральные взвеси, детрит, ионы металлов, органические вещества (ОВ) различного генезиса [1, 2]. При загрязнении водных экосистем в период формирования ледового покрова специфическую роль в биогеохимических процессах играют микробные сообщества – криомикробоценозы (КМ). Микроорганизмы служат центрами кристаллизации льда, участвуют в деструкции авто- и аллохтонных ОВ, содержащихся во льдах. Кроме того, они способствуют миграции биогенных элементов и выступают в качестве индикаторов загрязнения водных масс, вовлеченных в гляциохимические процессы. Структура криомикробоценозов во льдах речных экосистем отражает характер распределения загрязняющих веществ в пространстве (по поперечному профилю реки и вдоль по течению) и во времени (разные слои льда).

В качестве индикаторных групп бактерий составляющих структуру криомикробоценозов во льдах были использованы гетеротрофные бактерии (ГБ), предпочитающие низкие концентрации ОВ; аммонифицирующие (АМБ) и нитрифицирующие (НБ) бактерии, участвующие в разложении легкодоступных азотсодержащих ОВ и фенолрезистентные бактерии (ФРБ). Группа ФРБ отражает степень



загрязнения водной среды ароматическими углеводородами и фенольными соединениями, которые поступают со сточными водами, образуются при деструкции нефтяных углеводородов, лигнинсодержащих субстратов и гуминовых веществ.

Распределение различных групп культивируемых бактерий в кернах льда, отобранных по поперечному профилю (левый берег, середина, правый берег) в основном русле р. Амур в 2012 г. представлено на рисунке.

Отмечено, что по мере нарастания толщины льда у берегов численность возрастала, а на середине - снижалась. Этот факт связан с распространением ОВ различного генезиса по поперечному профилю реки и подтверждается газохроматографическим анализом. Доминирующим компонентом по всему профилю реки (от левого берега к правому) был этилацетат (ЭА), его концентрация в подледной воде была значительно ниже, чем в расплавах льда. Максимальные концентрации ЭА были установлены в нижних слоях льда из керна, отобранного на середине реки, где численность микроорганизмов была минимальной. Однако в пробах льда, отобранных у берегов, на фоне высокой численности КМ, его концентрации были минимальными, возможно за счет утилизации. Можно предположить, что ЭА поступает в р. Амур от разных источников, включая сточные воды промышленных предприятий расположенных на территории Китая в бассейнах рек Сунгари и Уссури и зимние сбросы с водохранилищ, расположенных на левобережье РФ. Известно, что ЭА может быть продуктом трансформации растительных остатков, входящих в состав детрита. Источником их поступления в р. Амур в период формирования ледового покрова у левого берега могли быть сбросы с водохранилищ. Этот факт мы неоднократно регистрировали в предыдущие годы.

Проведенные в 2014 г. микробиологические исследования показали, что у левого берега р. Амур некоторые слои в керне льда отличались высоким содержанием детрита, их расплавы были мутными и имели резкий химический запах. В этих слоях установлена максимальная численность ФРБ, которая превышала численность АМБ, это может быть обусловлено присутствием ароматических соединений в составе детрита. У правого берега, на фоне высокой численности АМБ, численность ФРБ была минимальной. Это может быть связано с доминированием в воде в период формирования ледового покрова в основном азотсодержащих ОВ, которые поступают со стоком р. Сунгари. В керне льда, отобранном на середине реки численность ФРБ, как и других физиологических групп бактерий, была минимальной. Структура КМ отражала различный качественный состав ОВ, распределяющихся по поперечному профилю р. Амур в период формирования ледового покрова. Наиболее распространенными ароматическими углеводородами во льдах были метилированные производные бензола, их концентрация существенно изменялись по слоям в разных кернах льда, отобранных в основном русле реки и ее протоках. Диметилбензолы, могут поступать в период формирования льда в составе сточных вод, из донных отложений и также образовываться в результате трансформации ароматических углеводородов разного генезиса непосредственно в толще льда.

Послойный анализ структуры криомикробиоценозов позволяет определить качество воды при образовании льда при совместном влиянии природных и антропогенных факторов; расширить наши представления о роли микробиологического фактора в период ледостава и оценить степень пролонгированного экологического риска при технологических сбросах с водохранилищ или аварийном поступлении в реки неочищенных сточных вод при формировании ледового покрова.

Список литературы:

1. Кондратьева Л.М. Геоэкологические исследования речного льда // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2010. № 6. С. 511-520.
2. Кондратьева Л.М., Бардюк В.В., Жуков А.Г. Аккумуляция и трансформация токсичных веществ во льдах рек Амур и Сунгари после техногенной аварии в Китае в 2005 г. // Лед и снег, 2011, № 4, с.118-124.

CRYOMICROBIOCENOSIS IN THE ICE OF THE AMUR RIVER

Kondrateva L.M.

Institute of Water and Ecology Problems, FEB RAS, Khabarovsk, Russia

Abstract:

We studied the structure of microbial complexes (cryomicrobiocenosis) in the ice of the Amur River in different areas in the winter of 2012 and 2014. It is shown that the stratified distribution of different physiological groups of bacteria reflects the nature of water pollution by organic substances of different structure and genesis. The accumulation of toxic substances in the ice and microbiological processes reflect the ecological situation in the Freeze up and determine the quality of water in the spring.

Keywords:

cryomicrobiocenosis, ice, Amur River, accumulation

ВЛИЯНИЕ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРУ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Кондратьева Л.М.¹, Литвиненко З.Н.^{1,2}, Метелица Е.К.²

¹Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

e-mail: kondratevalm@gmail.com

²МУП Водоканал, г. Хабаровск, Россия

Абстракт:

Рассматривается изменение численности и структуры микробных комплексов подземных вод под влиянием УФ-облучения с использованием методов культивирования на агаризованных питательных средах разного состава и количественной ПЦР. Независимо от исходной структуры бактериальных сообществ после УФ зарегистрировано увеличение их численности и перераспределение между морфотипами с доминированием пигментированных колоний.

Ключевые слова:

подземные воды, ультрафиолетовое облучение, структура микробных комплексов

Долгое время существовало представление, что устойчивость к ультрафиолетовому облучению (УФО) обеспечивается адаптационными механизмами к среде обитания с высокой интенсивностью солнечной радиации. Однако затем были получены данные о том, что многие микроорганизмы способны синтезировать защитные пигменты при стрессовых ситуациях (низкие температуры, значительные перепады солености и высокий уровень солнечной радиации). Оказалось, что бактерии из подземных местообитаний имеют механизмы репарации ДНК, несмотря на отсутствие воздействия солнечного излучения. Сохранение ферментативной репарации ДНК и устойчивость к экстремальным условиям существования, обеспечивается экзометаболитами белковой природы [1], «пассивным» механизмом протекторного взаимодействия с биополимерами и увеличением частоты диссоциативного перехода колоний из S-формы в R-форму [2]. Для обеззараживания подземных вод часто проводится УФ-обработка. В качестве показателя ее эффективности обычно используется численность микроорганизмов. Учитывая возможные структурные и физиологические изменения бактериального сообщества при внешнем воздействии, предложено проводить оценку последствий с применением культуральных и молекулярно-биологических методов [3].

Цель наших исследований состояла в оценке влияния УФО на структуру гетеротрофных микробных комплексов (МК) подземных вод, отобранных из разных скважин с использованием метода прямого подсчета колоний на агаризованных питательных средах и определения количества копий генов бактериальной 16S рНК.

Было установлено, что ответные реакции МК подземных вод (ПВ) из разных скважин на УФО одной и той же интенсивности (30 мин Лампа WTA-FN 250 V/1A, Holland, в кварцевой колбе, расстояние 20 см) зависели от структуры сообщества и состава питательной среды используемой для культивирования (таблица). Например, МК из скважины 1108 после УФО увеличивали свою численность на азотсодержащих питательных средах (5,8 и 20%), причем на питательной среде с рыбо-пептонным агаром (РПА) доля пигментированных бактерий увеличивалась на 73%. При использовании в качестве источника углерода крахмала такие изменения не наблюдали.

После УФО пробы воды из скважины 1112 произошло более существенное увеличение численности КОБ (22,6%) и особенно АМБ (30,3%), а вот численность НБ осталась практически на том же уровне. Изменения в структуре сообщества произошли в сторону увеличения доли колоний, синтезирующих желто-оранжевые пигменты. Известно, что присутствие аминов в питательной среде способствовало выживаемости клеток и репарации ДНК. Пигментированные изоляты из подземных местообитаний показали большую устойчивость к УФО, по сравнению с непигментированными [4]. Максимальное увеличение доли пигментированных бактерий наблюдали среди представителей КОБ – 49,8%. Для сравнения, после воздействия двух других стресс факторов (3% перекись водорода, температурный шок при 80°C в течение 30 мин) рост культивируемых бактерий отсутствовал.

Таблица. Изменение структуры сообщества культивируемых бактерий после УФО подземных вод из скважин 1108 и 1112 (конец откачки от 15.10.2014 г.).

Группа бактерий	Численность, КОЕ/мл				Увеличение численности, %	Доля пигментированных колоний, %
	До УФО	Доля пгк	После УФО	Доля пгк		
Скважина 1108						
КОБ	249	215	298	248	20	15,3
АМБ	221	109	234	189	5,8	73
НБ	337	249	303	226	-	-
Скважина 1112						
КОБ	530	350	650	520	22,6	49,8
АМБ	376	340	490	376	30,3	10,3
НБ	353	243	346	296	-	21,8

Примечание: КОБ - культивируемые олиготрофные бактерии (рост на разбавленном в 10 раз РПА), АМБ - аммонифицирующие бактерии (рост на РПА), НБ - нитрифицирующие бактерии (рост на крахмал-аммиачном агаре); пгк - пигментированные колонии

Совсем иные закономерности были отмечены при использовании количественной ПЦР. Так, после 30 мин. УФО количество копий генов бактериальной 16S рНК в воде из скважины 1108 увеличивалась с исходных 9000 до 3400000 копий/мл. Даже после 1,5 часового воздействия УФО этот показатель составлял 650000 копий/мл. Важно подчеркнуть, что после температурного шока и воздействия H₂O₂ в пробах воды также было определено 2860 и 1830 копий/мл, соответственно. Аналогичные результаты были получены при использовании ПЦР-анализа для оценки воздействия трех стресс-факторов на бактериальное сообщество ПВ из скважины 1112. Для объяснения этого факта необходимы дополнительные исследования. На наш взгляд при определении влияния различных факторов на структуру бактериального сообщества подземных вод и изменение его функциональной роли в окружающей среде целесообразно сочетать культуральные и молекулярно-биологические методы, учитывая структурные преобразования среды отдельных физиологических групп.

Список литературы:

1. Воробьева Л.И., Ходжаев Е.Ю., Пономарева Г.М. Реактивирующее действие экзометаболитов *Escherichia coli* на клетки, подвергнутые ультрафиолетовому облучению // Прикладная биохимия и микробиология. 2008. Т.44. № 2. С. 176-180.
2. Дерябин Д.Г., Давыдова О.К., Грязева И.В. Эль-Регистан Г.И. Роль алкилоксибензолов в ответе *Escherichia coli* на летальное воздействие ультрафиолетового облучения // Микробиология. 2012. Т. 81. № 2. С.185-195.
3. Kato S., Chan C., Itoh T., Ohkuma M. Functional gene analysis of freshwater iron-rich flocs at circumneutral pH and isolation of a stalk-forming microaerophilic iron-oxidizing bacterium // *Appl. Environ. Microbiol.* 2013. V. 79(17). P. 5283-5290.
4. Qiu X., Sundin G.W., Chai B., Tiedje J.M. Survival of *Shewanella oneidensis* MR-1 after UV Radiation Exposure // *Appl. Environ. Microbiol.* 2004. V. 70. № 11. P. 6435-6443

THE EFFECT OF UV-IRRADIATION ON THE STRUCTURE OF THE MICROBIAL COMPLEX OF GROUNDWATER

Kondrateva L.M.¹, Litvinenko Z.N.^{1,2}, Metelitsa E.K.²

¹*Institute of Water and Ecology Problems, FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

²*Municipal unitary enterprise Vodocanal, Khabarovsk, Russia*

Abstract:

The work considers information about changing the number and structure of the groundwater microbial complexes under the influence of UV-irradiation. We used microbiological cultivation on agar nutrient media of different composition and quantitative PCR method. Independently of the initial structure of bacterial communities, there were an increasing of the numbers and redistribution between morphotypes with the dominance of the pigmented colonies after UV-irradiation.

Key words:

groundwater, ultraviolet-irradiation, structure of microbial complex

ВИРИОПЛАНКТОН КАРСКОГО МОРЯ: ВЛИЯНИЕ ВИРУСОВ НА СМЕРТНОСТЬ ГЕТЕРОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ

Копылов А.И.¹, Заботкина Е.А.¹, Сажин А.Ф.², Романова Н.Д.²

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, пос. Борок, Россия

²Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: kopylov@ibiw.yaroslavl.ru

Абстракт:

Исследованы численность и пространственное распределение вириопланктона, количество инфицированных бактериофагами бактерий и вирус-индуцированная смертность бактериопланктона в Карском море. Показано, что планктонные вирусы играют более значительную роль в контроле над численностью и продукцией бактериопланктона в прибрежных водах, чем в открытых, глубоководных районах Карского моря.

Ключевые слова:

вириопланктон, вирус-индуцированная смертность бактериопланктона, Карское море

Вирусы являются важным компонентом планктонных микробных сообществ, значительно влияющим на потоки вещества и энергии во многих морских экосистемах.

Сведения об экологии планктонных вирусов в морях Арктики немногочисленны, а изучение структурно-функциональных характеристик вириопланктона, до настоящего исследования, не проводилось.

Цель работы: оценить численность и пространственное распределение вириопланктона, количество инфицированных вирусами-бактериофагами клеток бактерий и вирус-индуцированную смертность бактериопланктона в Карском море.

Исследования проводили во время рейса НЭС «Михаил Сомов» в августе-сентябре 2009 г. в прибрежных водах у островов и побережья и в 59 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в сентябре 2011 г. в открытых водах Карского моря. Численность вирусов (N_V) определяли методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием флуорохрома SYBR Green I и фильтров из оксида алюминия Anodisc (Wathman) с диаметром пор 0.02 мкм. Частоту видимых инфицированных бактерий (FVIC) и количество зрелых вирусов внутри бактериальных клеток (BS) оценивали методом трансмиссионной электронной микроскопии. Частоту всех инфицированных бактерий (FIC) и вирус-индуцированную смертность бактерий (VMB) рассчитывали по уравнениям, предложенным Биндер [1].

В открытых, глубоководных районах моря N_V варьировали в пределах $(0.10-5.80) \times 10^6$ (в среднем $0.86 \pm 0.20 \times 10^6$ частиц/мл). Отношение численность вирусов / численность бактерий (N_V/N_B) изменялось от 1.4 до 29.1, в среднем 7.1 ± 1.0 . Между N_B и N_V обнаружена положительная корреляция ($R = 0.87$, $n = 45$, $p = 0.05$). Величины FVIC и FIC, в среднем, составили, соответственно, $0.6 \pm 0.1\%$ N_B (пределы: 0.2-1.9% N_B) и $4.1 \pm 0.4\%$ N_B (пределы: 1.4-12.7% N_B). В клетках бактерий, в среднем для пробы, находилось от 5 до 48 зрелых вирусных частиц (в среднем 14 ± 2 вирусов/клетка). В открытых водах смертность бактерий в результате вирусного лизиса колебалась от 1.4% P_v (район западного отрога желоба Святой Анны, глубины 300-500 м) до 18.1% P_v (район, прилегающий к устью р. Енисей). В среднем для исследованных прибрежных станций величина VMB составила $4.6 \pm 0.5\%$. В прибрежных водах N_V изменялась в пределах $(3.26-25.12) \times 10^6$ (в среднем, $11.46 \pm 1.78 \times 10^6$) частиц/мл. Отношение N_V/N_B составило, в среднем, 5.6 ± 0.6 (пределы 2.3-9.9). Между N_B и N_V обнаружена положительная корреляция ($R = 0.74$, $n = 15$, $p = 0.05$). Величины FVIC и FIC, в среднем, составили, соответственно, $1.6 \pm 0.2\%$ (пределы: 0.6-4.3%) и $10.8 \pm 1.4\%$ (пределы: 4.2-26.4%). В клетках бактерий, в среднем для пробы, находилось от 6 до 112 зрелых вирусных частиц (в среднем 21 ± 7 вирусов/клетку). В прибрежных водах смертность бактерий в результате вирусного лизиса колебалась от 6.1% суточной продукции бактериопланктона (P_v) (арх. Земля Франца-Иосифа) до 44.8% P_v (острова в южной части моря). В среднем для исследованных прибрежных станций величина VMB составила $14.1 \pm 2.6\%$ от P_v . Проведенное исследование показало, что планктонные вирусы играют более значительную роль в контроле над численностью и продукцией бактериопланктона в прибрежных водах, чем в открытых, глубоководных районах Карского моря.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-04-00130а.

Список литературы:

1. Binder B. Reconsidering the relationship between virally induced bacterial mortality and frequency of infected cells // *Aquat. Microb. Ecol.* 1999. V. 18. P. 207-215.

VIRIOPLANKTONE KARA SEA: THE EFFECT OF VIRUSES ON MORTALITY HETEROTROPHIC BACTERIA

Kopylov A.I.¹, Zobotkina E.A.¹, Sazhin A.F.², Romanova N.D.²

¹I.D. Papanin` Institute for Biology of Inland Waters of RAS, Borok, Russia

²P.P.Shirshov` Institute of Oceanology of RAS, Moscow, Russia

e-mail: kopylov@ibiw.yaroslavl.ru

Abstract:

The size and spatial distribution of virioplankton, the number of bacteriophage infected bacteria and virus-induced mortality of bacterioplankton in the Kara Sea were investigated. It is shown that planktonic viruses play a more significant role in controlling bacterial abundance and production in coastal waters than in the open, deep waters of the Kara Sea.

Keywords:

virioplankton, virus-induced mortality of bacteria, Kara Sea.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ФОРМИРОВАНИЕ БИОПЛЕНОК В ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЕ

Литвиненко З.Н.

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

e-mail: zoyana2003@mail.ru

Абстракт:

В работе рассматривается влияние органических веществ различного строения и происхождения на характер формирования биопленок микроорганизмами подземных вод. Легкодоступные органические вещества провоцируют микроорганизмов к повышению адгезивной активности и интенсивному формированию биопленок, которые могут быть причиной биокольматажа порового пространства водоносного горизонта подземных вод.

Ключевые слова:

биопленки, органические вещества, подземные воды

В последнее время в связи с интенсивным загрязнением поверхностных вод все более актуальным становится использование альтернативного источника водоснабжения – подземных вод. При этом применение технологии обезжелезивания подземных вод в водоносном пласте сопровождается возникновением ряда проблем, которые связаны с недостаточной изученностью биогеохимических процессов, происходящих в водоносном горизонте и поровом пространстве вокруг скважин. Одной из таких проблем является микробиологическое обрастание, приводящее к снижению объемов откачиваемой воды и изменению органолептических показателей [1,2]. Поэтому чрезвычайно актуальны исследования абиотических и биотических факторов, влияющих на формирование биопленок.

Органические вещества – неотъемлемая составляющая подземных вод и, независимо от их строения и генезиса, они являются важными регуляторами формирования биопленок (БП) в подземной гидросфере [3]. Даже небольшая концентрация органических веществ (ОВ) способствует поддержанию жизнедеятельности микроорганизмов [4]. В связи с этим, цель нашей работы заключалась в оценке влияния ОВ разной биодоступности на формирование биопленок микроорганизмами подземных вод.

Для этого была проведена серия экспериментов с использованием микроорганизмов из проб подземных вод и биообрастаний наблюдательных скважин Тунгусского месторождения. Культивирование микробных комплексов проводили в жидкой питательной среде Бромфильда с разными добавками. В качестве источника углерода использовали следующие органические соединения: пептон (2 г/л), как легкодоступное азотсодержащее ОВ и препарат гуминовых веществ (0,025 г/л), как трудноминерализуемое ОВ сложного строения.

Для оценки активности роста микроорганизмов использовали визуальные показатели: изменение оптической плотности культуральной жидкости; образование слизистых биопленок на дне колб и на предметных стеклах. Также была проведена световая и электронная микроскопия сформировавшихся биопленок.

Результаты исследования показали, что присутствие в природной среде питательных веществ является важным фактором для развития и роста БП. Наибольшее влияние на активизацию адгезивной активности микроорганизмов и формирование биопленок оказали биохимически лабильные азотсодержащие ОВ. Уже на 7 сутки культивирования в вариантах с пептоном в присутствии и без соединений железа было отмечено изменение оптической плотности культуральной жидкости и образование слизистых скоплений на дне колб. Легкодоступные ОВ стимулировали активную выработку экзополимерного матрикса, который способствует лучшему закреплению микроорганизмов на поверхности и усиливает защитные функции биопленки. Гуминовые вещества также подвергались микробиологической

трансформации, но в меньшей степени, возможно, из-за их сложного высокомолекулярного строения.

Формирование биопленок на стеклах обрастания интенсивно происходило в вариантах с пептоном в присутствии и без FeSO_4 и с гуминовыми веществами без соединений железа. Это объясняется блокированием ионами железа доступности гуминовых веществ в качестве источника углерода для микроорганизмов и их переходом из растворенного состояния в хелатные комплексы с последующим осаждением. Микроскопирование образцов биопленок показало, что различные по морфологии бактериальные клетки из модельных микрокосмов были окружены слизистыми капсулами. Среди скоплений палочек разной длины и толщины были визуальны различимы слизистые образования, инкрустированные гидратами окиси железа, а в составе зрелой биопленки были отмечены сформировавшиеся кальцинированные глобулы и марганцевые структуры.

Таким образом, экспериментальное моделирование показало, что присутствие в природной среде питательных веществ является важным фактором, стимулирующим развитие и рост биопленок. При загрязнении гуминосодержащих подземных вод быстро разлагаемыми органическими веществами существует риск интенсивной кольматации порового пространства вокруг скважин, что может привести к снижению эффективности откачки воды. Использование методов световой и электронной микроскопии позволило определить элементный состав биопленок, по которому можно судить об аккумуляции в сформировавшейся биомассе различных элементов (Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+}). В дальнейшем эти элементы также могут вовлекаться в более длительные биогеохимические процессы и заполнять поровое пространство.

Список литературы:

1. Кармалов А.И., Филимонова С.В. Анализ причин кольматации и коррозии оборудования водозаборных скважин в условиях повышенной техногенной нагрузки // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 9. С. 16-20.
2. Кондратьева Л.М., Литвиненко З.Н. Формирование биопленок микробными комплексами подземных вод *in vitro* // Биотехнология. 2014. № 3. С. 73-82.
3. Costerton J.W. The Biofilm Primer. Springer, Hiedelberg, 2007. 200 p.
4. Shen Y., Chapelle F.H., Strom E.W., Benner R. Origins and bioavailability of dissolved organic matter in groundwater // Biogeochemistry. 2015. V. 122. P. 61-78.

INFLUENCE OF ORGANIC MATTER ON BIOFILM FORMATION IN GROUNDWATER

Litvinenko Z.N.

Institute of water and ecological problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

e-mail: zoyana2003@mail.ru

Abstract:

This article considers information about influence of different organic matter on biofilm formation by groundwater microorganisms *in vitro*. Labile organic matter promotes high adhesion activity of microorganisms and intensive formation of biofilms. It is one of the main reason of the pore space biocolmatage.

Key words:

biofilms, organic matter, groundwater

САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Мальник В.В., Горшкова А.С., Тимошкин О.А., Косторнова Т.Я., Потапская Н.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: malnik80@mail.ru

Абстракт:

За период 2009–2014 гг. проведено исследование заплесковой зоны оз. Байкал в бух. Большие Коты и бух. Лиственичная (южная котловина), а также других местах Байкала, начиная от поселка Култук на юге до города Нижнеангарска на севере озера. Определено санитарно-бактериологическое состояние прибрежных (поверхностных) и интерстициальных вод этой зоны. Акцент сделан на определении термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ) и энтерококков.

Ключевые слова:

заплесковая зона, интерстициальная вода, термотолерантные колиформные бактерии, энтерококки, оз. Байкал.

Объектом нашего исследования является самое глубокое озеро в мире – озеро Байкал. Пятая часть всех запасов пресной воды на планете сосредоточена именно в нем. Вода из озера Байкал многими жителями близлежащих населенных пунктов используется непосредственно для питья, рекреационного водопользования, а на побережье Байкала уже функционируют заводы по закачке и разливу байкальской воды. Таким образом, становится актуальным вопрос о качестве этой воды

в прибрежной зоне рядом с населенными пунктами, поскольку именно воды прибрежной зоны могут являться индикатором начального загрязнения всего озера в целом. К индикаторам фекального загрязнения относятся бактерии, приспособленные к обитанию в кишечнике теплокровных животных и не размножающиеся в окружающей среде. В данной работе в качестве индикаторных бактерий были использованы термотолерантные колиформные бактерии и фекальные энтерококки. Для определения соответствия качества отобранных проб стандартам, используемым в Российской Федерации, руководствовались СанПиНом 2.1.5.980-00. Основы санитарно-микробиологического анализа взяты нами из методических указаний, действующих в настоящее время в Российской Федерации: МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов».

За период 2009–2014 гг. нами проведен анализ нескольких сотен проб интерстициальной, поверхностной, придонной, а также поровых вод верхнего слоя осадков озера. Современного обзора сведений об источниках, механизмах и масштабах загрязнения интерстициальных вод зоны заплеска и прибрежных вод Байкала санитарно-значимыми микроорганизмами не существует. Первая оценка экологического состояния прибрежной зоны всего озера по санитарно-микробиологическим показателям за 2009–2014 гг. является основной целью нашего исследования.

Проведено исследование заплесковой зоны оз. Байкал в бух. Большие Коты и бух. Листвничная (южная котловина), а также других местах Байкала, начиная от поселка Култук на юге до города Нижнеангарска на севере озера. Определено санитарно-бактериологическое состояние прибрежных (поверхностных) и интерстициальных вод этой зоны. Выявлено, что санитарно-показательные микроорганизмы имеют неравномерное распределение. В интерстициальных водах зоны заплеска ТКБ достигали 1.5×10^4 КОЕ/100 мл, а количество энтерококков 5×10^3 КОЕ/100 мл. В поверхностных водах эти показатели достигали 300, 1600 КОЕ/100 мл, соответственно. Выбран труднодоступный участок относительно чистого побережья озера возле мыса Елохин, придонные воды которого не содержали санитарно-показательных микроорганизмов, в поверхностных была обнаружена 1 КОЕ/100 мл энтерококков. В интерстициальных водах лунки значения ТКБ были нулевыми, а концентрация энтерококков составила 5 КОЕ/100 мл. Эти значения рекомендованы в качестве фоновых для прибрежной зоны озера. Показана актуальность и необходимость ведения постоянного мониторинга прибрежных и интерстициальных вод у населенных пунктов на побережье Байкала по санитарно-бактериологическим показателям, а также необходимость оценки качества воды по такому показателю как количество энтерококков.

Пляжи поселков Листвянка и Большие Коты в настоящее время являются одними из наиболее доступных участков побережья озера Байкал для туристов. За последние 5–7 лет в Листвянке, в пос. Большие Коты, а также в бухтах Малого Моря построены десятки новых гостиниц, кемпингов, эти места посещают сотни тысяч туристов. В этих местах, а также пансионатах Малого Моря отсутствует канализация и очистные сооружения. Соответственно, все фекальные стоки поступают в близлежащие речки или, возможно, пассивно фильтруются через грунт прибрежной зоны и поступают в само озеро Байкал.

Пока поверхностные воды Байкала, в целом, остаются чистыми, а глубинная вода может использоваться как питьевая, но при неправильном рекреационном пользовании прибрежной зоной мы можем столкнуться с нежелательными последствиями в виде загрязнения фекальными бактериями и в дальнейшем – с потенциальной опасностью для здоровья при купании и отдыхе на этом озере. Кроме того, хозяйственно-бытовые стоки обогащены биогенными элементами, что является причиной выявленной нами недавно эвтрофикации и массового развития макроводорослей.

За весь период исследования прибрежной зоны озера Байкал обнаружено, что в 24% интерстициальных, 4,3% поверхностных, 2% придонных проб обнаружено более 100 КОЕ/100 мл ТКБ, а количество энтерококков превышало 61 КОЕ/100 мл в 55% интерстициальных, 13% поверхностных, 10% придонных проб (согласно рекомендациям агентства по охране окружающей среды США купание запрещено при концентрации энтерококков более 61 КОЕ/100 мл). Полученные данные указывают на необходимость дальнейшего исследования и мониторинга заплесковой зоны озера Байкал в связи с увеличивающейся антропогенной нагрузкой на озеро.

Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта Сибирского отделения РАН № VI.51.1.10 «Современное состояние, биоразнообразие и экология прибрежной зоны озера Байкал».

FECAL INDICATOR BACTERIA IN THE COASTAL AREA OF LAKE BAIKAL

Malnik V.V., Gorshkova A.S., Timoshkin O.A., Kostornova T.Ya., Potapskaya N.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

e-mail: malnik80@mail.ru

Abstract:

In 2009–2014, we performed studies in the swash zone of Lake Baikal, particularly in the bays of Bolshiye Koty and Listvenichny (southern basin of the lake), and other areas of Lake Baikal: from south (the village of Kultuk) to north (the town of Nizhneangarsk). The coastal (surface) and interstitial waters were analysed for the presence of fecal indicator bacteria in this zone. Of special interest were thermotolerant coliform bacteria (TCB) and enterococci.

Key words:

swash zone, interstitial water, thermotolerant coliform bacteria, enterococci, Lake Baikal.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И РАЗНООБРАЗИЯ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В МЕРОМИКТИЧЕСКОМ СОДОВОМ ОЗЕРЕ ДОРОНИСКОЕ (ЗАБАЙКАЛЬЕ, РОССИЯ) В ПЕРИОДЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ВЕСНЫ И БИОЛОГИЧЕСКОГО ЛЕТА

Матюгина Е.Б.¹, Белькова Н.Л.²

¹ *Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия*

e-mail: evgenia48@mail.ru

² *Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

Абстракт:

Меромиктическое содовое озеро Доронинское, расположенное в регионе с отрицательной среднегодовой температурой воздуха, отличается от известных меромиктических содовых озер мира наличием двух периодов с интенсивными и динамическими процессами: так называемого биологического лета в период открытой воды и биологической весны в подледный период. Структура и разнообразие микробных сообществ изучены метасеквенированием ампликона 16S рДНК. Независимо от сезонных сукцессий доминировали метаболически гибкие бактерии, способные переключаться с аноксигенного фотосинтеза на аэробный хемотрофный метаболизм – несерные пурпурные бактерии сем. Rhodospirillaceae и Rhodobacteraceae (Alphaproteobacteria).

Ключевые слова:

меромиктическое содовое озеро, биологические сезоны, разнообразие микробных сообществ

Меромиктические содовые озера – уникальные экосистемы. Высокая физическая стабильность водных масс, отчетливое разделение слоев воды и относительно постоянная вертикальная стратификация популяций бактерий, компактная и стабильная переходная зона между кислородным миксолимнионом и бескислородным монимолимнионом, плотное микробное сообщество в переходной зоне (1) делают их отличными модельными системами в лимнологических исследованиях. Меромиктическое содовое озеро Доронинское, расположенное в Восточном Забайкалье (N51°25'; E112°28') в регионе с отрицательной среднегодовой температурой воздуха, отличается от многих известных меромиктических содовых водоемов мира из-за наличия более чем одного периода с интенсивными и динамическими лимническими процессами: так называемого биологического лета в период открытой воды и биологической весны в длительный подледный период. Резко континентальный климат территории – широкая годовая амплитуда температуры воздуха (от +40°C летом до -40°C зимой), низкая облачность, низкий уровень годовых осадков с максимумом в летний период, частые и сильные зимние ветра определяют особенности течения внутриводоемных процессов. Расположенное в зоне многолетней мерзлоты озеро сформировано в районе осадочных отложений и относится к редкому типу содовых озер (2). Озеро характеризуется стабильной меромиксией в течение года и крайне низким уровнем освещенности зоны хемоклина, который составляет не более 0,001% как в летний, так и в зимний периоды (3). Эти особенности, вероятно, оказывают существенное влияние на закономерности распределения и разнообразия микробных сообществ в периоды динамических лимнических процессов, изучение которых стало целью данного исследования.

Особенности распределения и разнообразия микробных сообществ озера изучали из трех зон: верхнего аэробного миксолимниона (0-3,15 м), узкой ред-окс зоны (3,15-3,75 м) и нижнего анаэробного сульфидсодержащего монимонимлиона (3,6-6,2 м) в период биологической весны в марте 2013 г. и в период биологического лета в августе и сентябре 2008, 2009 гг. метасеквенированием ампликона 16S рДНК.

В исследуемые периоды озеро характеризовалось относительно стабильной повышенной минерализацией воды и осадков (32,3 g/l), щелочным рН (9,72) и постоянным хемоклином на глубине 3,15-3,75 м (в зависимости от сезона года).

Метагеномный анализ микробных сообществ водной толщи в период биологической весны показал наличие представителей 11 крупных фил эубактерий: Cyanobacteria, Acidobacteria, Actinobacteria, Proteobacteria, Verrucomicrobia, Tenericutes, Firmicutes, Bacteroidetes, Planctomycetes, Spirochaetes, Deinococcus-Termus, 5 фантомных фил: Candidatus Saccharibacteria, SR1, BRC1, Latescibacteria, Parcubacteria и одну филу архей – Euryarchaeota. В кислородной зоне миксолимниона доминирующими филами были Proteobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes и Cyanobacteria, в зоне хемоклина – Bacteroidetes, Proteobacteria, и Cyanobacteria, в бескислородном мониомлимнионе преобладали Proteobacteria, Actinobacteria и Bacteroidetes. Доминирующими в подледный период в озере являлись несерные пурпурные бактерии зоны хемоклина, принадлежащие к Rhodospirillaceae и Rhodobacteraceae, класс Alphaproteobacteria.

В период биологического лета доминирующими в верхней аэробной зоне миксолимниона являлись бактерии фил Cyanobacteria, Actinobacteria, Spirochaetes, в нижней его части Firmicutes и Bacteroidetes, в хемоклине - Bacteroidetes. В сентябре в миксолимнионе озера доминировали бактерии Proteobacteria – 83%, доля которых уменьшилась в 2 раза в зоне хемоклина. Однако, как и Actinobacteria они оставались доминантами, 20 из 40% принадлежала аэробному бактериохлорофилл-а содержащему виду Alphaproteobacteria - *Roseinatronobacter monicus*.

Таким образом, проведенные исследования показали, что независимо от сезонных сукцессий в озере Доронинское в периоды биологической весны и биологического лета доминирующими являются бактерии зоны хемоклина, составляя наиболее плотные микробные популяции метаболически гибких аноксигенных фотогетеротрофных несерных пурпурных бактерий, которые принадлежат к сем. Rhodospirillaceae и Rhodobacteraceae, класс Alphaproteobacteria и обладают способностью переключаться с аноксигенного фотосинтеза на аэробный хемотрофный метаболизм.

Список литературы:

1. Overmann J., Beatty J.T., Hall K.J., Pfennig N., Northcote T.G. Characterization of a dense, purple sulfur bacterial layer in a meromictic salt lake // *Limnol. Oceanogr.* 1991. V. 36. P. 846-859.
2. Borzenko S.V., Zamana L.V. Sulfate-reduction as factor of formation of soda waters of lake Doroninskoe (Easten Transbaikalia) // *Vestnik Tomskogo Universiteta.* 2008. V. 312. P. 188-194.
3. Matyugina E.B., Belkova N.L. Phylogenetic diversity of microorganisms from chemocline of the meromictic Soda Lake Doroninskoe (Zabaikalie, Russia) // *Acta Geologica Sinica (English Editor).* 2014. V. 88, supp. 1. P 153-155.

PECULIARITIES OF DISTRIBUTION AND DIVERSITY OF MICROBIAL COMMUNITIES IN MEROMICTIC SODA LAKE DORONINSKOE (ZABAİKALIE, RUSSIA) DURING THE PERIODS OF BIOLOGICAL SPRING AND BIOLOGICAL SUMMER

Matyugina E.B.¹, Belkova N.L.²

¹*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

²*Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia*

Abstract

Meromictic soda Lake Doroninskoe is located in a region with a negative average annual air temperature. It is differed from many others meromictic soda lakes in the world due to the presence of two periods with intense and dynamic processes: the so-called biological summer during the open water and the biological spring in the ice period. The structure and diversity of microbial communities were studied by 16S rDNA amplicon metasequencing. Metabolically flexible bacteria capable to switch from anoxic photosynthesis to aerobic chemotrophic metabolism were dominated in the lake regardless of seasonal succession. They are purple non-sulfur bacteria belonged to Rhodospirillaceae and Rhodobacteraceae, class Alphaproteobacteria.

Keywords:

Bacterial diversity; soda lake; meromixis; Lake Doroninskoe; 16S rRNA genes; high-throughput amplicon sequencing

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БАКТЕРИЙ В КУЛЬТУРАХ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Михайлов И.С., Захарова Ю.Р., Волокитина Н.А., Лихошвай Е.В.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: mikhailov@lin.irk.ru

Абстракт:

В культурах диатомовых водорослей, изолированных из озера Байкал, численность бактерий достигает 10^6 кл./мл. Свободноживущие и прикрепленные к клеткам диатомей бактерии имеют овоидную и палочковидную формы. С помощью анализа клональных библиотек фрагментов генов 16S рНК в культурах различных диатомей выявлены представители филумов *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*.

Ключевые слова:

диатомовые водоросли, ген 16S рНК бактерий, озеро Байкал

Диатомовые водоросли и бактерии формируют тесные ассоциации в естественных условиях и лабораторных культурах и их взаимодействия варьируют от мутуализма до антагонизма [1]. Целью работы было с помощью анализа клональных библиотек фрагментов гена 16S рНК определить состав бактерий в культурах диатомей, изолированных из озера Байкал.

Клетки диатомовых водорослей изолировали из проб весеннего фитопланктона озера Байкал и культивировали в колбах Эрленмейра в минеральной среде DM при 6–10°C в режиме 12:12 ч день:ночь с освещенностью 9–15 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{с}$. Общую численность микроорганизмов (ОЧМ) в культурах диатомей подсчитывали в препаратах, окрашенных ДАФИ, с помощью инвертированного микроскопа Axiovert 200 (Zeiss, Germany). Для выявления ассоциаций диатомей и бактерий использовали сканирующий электронный микроскоп Philips SEM 525-M. Из 10-суточных культур диатомей выделяли суммарную ДНК, амплифицировали фрагменты генов 16S рНК с универсальными бактериальными праймерами 27L и 1350R; ампликоны лигировали в вектор (CloneJET™ PCR CloningKit), который затем трансформировали в компетентные клетки *Escherichia coli*. Секвенирование фрагментов генов 16S рНК проводили на секвенаторе ABI 3130XL Genetic Analyser. Анализ полученных нуклеотидных фрагментов проводили путем поиска гомологичных последовательностей в банках данных (GenBank, EMBL, DDBL) с помощью программы BLASTN. Филогенетические деревья 16S рНК строили с помощью программ BioEdit и MEGA5.1.

Выявлено, что различные культуры диатомей имеют сходные значения ОЧМ, в частности, *Synedra acus* subsp. *radians* (Kütz.) Skabitshevskii (ОЧМ $0,9 \times 10^6$ кл./мл), *Asterionella formosa* Hassal ($1,0 \times 10^6$ кл./мл) и *Fragillaria crotonensis* Kitton ($1,2 \times 10^6$ кл./мл). Показано, что бактерии в культурах диатомей находятся в двух формах существования: свободноживущей и прикрепленной к клеткам водорослей. Морфологически бактерии, прикрепленные к диатомеям, имеют овоидную и палочковидную формы.

В результате филогенетического анализа в культурах диатомей выявлены представители филумов *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*. В культурах *A. formosa* и *F. crotonensis* выявлены последовательности, принадлежащие представителям рода *Flavobacterium*, в культурах *A. formosa* и *S. acus* subsp. *radians* – к представителям рода *Pseudomonas*. Кроме того, в культуре *A. formosa* выявлены последовательности представителей родов *Hydrogenophaga*, *Nocardioides*, *Methylophilus*, в культуре *F. crotonensis* – *Pedobacter*, *Janthinobacterium*. В культуре *S. acus* subsp. *radians* выявлены только последовательности, отнесенные к роду *Pseudomonas*. Ближайшие гомологи полученных нуклеотидных последовательностей, обнаружены в пресных водоемах, в почвах, на поверхности растений и в составе биопленок на осадках и камнях.

Работа выполнена при поддержке программы РАН VI.50.1.3.

Список литературы:

1. Amin S.A., Parker M.S., Armbrust E.V. Interactions between diatoms and bacteria // *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2012. 76(3). P. 667–683.

TAXONOMIC COMPOSITION OF BACTERIA IN CULTURES OF DIATOMS ISOLATED FROM LAKE BAIKAL

Mikhailov I.S., Zakharova Y.R., Volokitina N.A., Likhoshway Y.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

e-mail: mikhailov@lin.irk.ru

Abstract:

In cultures of diatoms isolated from Lake Baikal, the number of bacteria reaches 106 cells per mL. Free-living bacteria and those attached to the cells of diatoms are ovoid and rod-shaped. By analyzing the clonal libraries of fragments of 16S rRNA genes in cultures of various diatoms there have been found representatives of such phylums as Proteobacteria, Bacteroidetes, Actinobacteria.

Key words:

diatoms, bacterial 16S rRNA gene, Lake Baikal

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ВИРУСОПОДОБНЫХ ЧАСТИЦ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОДАХ

Муханов В.С.¹, Рылькова О.А.¹, Свинин С.С.¹, Бутина Т.В.², Белых О.И.²

¹*Институт морских биологических исследований РАН, г. Севастополь, Россия,*

²*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

e-mail: v.s.mukhanov@gmail.com

Абстракт:

Диапазон внутригодовой изменчивости численности вирусоподобных частиц (ВПЧ) в Севастопольской бухте и сопредельных прибрежных водах составил $4 \times 10^6 - 1.9 \times 10^7$ мл⁻¹. Анализ пространственного распределения ВПЧ на 9 станциях в Севастопольской бухте выявил градиент увеличения их численности от входа в бухту (10^7 мл⁻¹) к её кутовой части с более распреснёнными и эвтрофированными водами (1.9×10^7 мл⁻¹). Отношение вирусы/бактерии менялось незначительно (9 – 14) и было выше на кутовых станциях.

Ключевые слова:

вирусоподобные частицы, вириопланктон, Чёрное море, эпифлуоресцентная микроскопия

Несмотря на глобальное значение вирусов в биосфере и их ключевую роль в морских экосистемах, данные об их численности в водах Чёрного моря остаются редки и фрагментарны. Лишь сравнительно недавно современные методы прямого счета вирусных частиц были применены в исследовании глубоководных донных осадков в Черном море [2]. Некоторые оценки численности черноморского вириопланктона, опубликованные в последнее десятилетие, оказались заниженными на несколько порядков из-за применения некорректных методов. В данной работе вирусоподобные частицы (ВПЧ) исследовали с помощью эпифлуоресцентной микроскопии после их концентрирования на мембраны Whatman Anodisc с диаметром пор 0,02 мкм и окрашивания флуорохромом SYBR Gold [1].

Анализ внутригодовой изменчивости численности ВПЧ в Севастопольской бухте и сопредельных прибрежных водах не выявил хорошо выраженного сезонного тренда. В течение года численности ВПЧ изменялись в диапазоне от 4×10^6 до 1.2×10^7 мл⁻¹. В открытых водах величины были достоверно ниже, чем в бухте (парный *t*-тест, *n*=13, *p*<0,05). Анализ пространственного распределения ВПЧ на 9 станциях в Севастопольской бухте выявил градиент увеличения численности ВПЧ от входа в бухту (10^7 мл⁻¹) к её кутовым частям (Южная бухта – $1,3 \times 10^7$ мл⁻¹, Инкерман – $1,9 \times 10^7$ мл⁻¹), причем большие численности вирусов соответствовали большим численностям бактерий. Как следствие этого, отношение вирусы/бактерии менялось незначительно (9 – 14) и было выше на кутовых станциях. Полученные оценки типичны для прибрежных морских вод с высоким уровнем эвтрофирования. В зимние месяцы не было выявлено каких-либо закономерностей в вертикальном распределении вирусов, тогда как весной их численности были минимальными, а отношение вирусы/бактерии – максимальным в придонном слое на глубинах 10-15 м.

Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-04-90421.

Список литературы:

1. Chen F., Lu J., Binder B. J., Liu Y., Hodson R.E. Application of digital image analysis and flow cytometry to enumerate marine viruses stained with SYBR Gold // *Appl. Environ. Microbiol.* 2001. Vol. 67(2). P. 539–545.
2. Danovaro R., Dell'Anno A., Corinaldesi C., Magagnini M., Noble R., Tamburini C., Weinbauer M. Major viral impact on the functioning of benthic deep-sea ecosystems // *Nature.* 2008. Vol. 454. P. 1084-1087

SPATIAL DISTRIBUTION AND SEASONAL DYNAMICS OF VIRUS-LIKE PARTICLES IN SEVASTOPOL BAY AND ADJACENT WATERS

Mukhanov V.S., Rylkova O.A., Svinin S.S., Butina T.V., Belykh O.I.

¹*Institute of Marine Biological Research RAS, Nakhimov av. 2, Sevastopol 299011, Russia,*

²*Limnological Institute SB RAS, Ulan-Batorskaya 3, Irkutsk 664033, Russia*

e-mail: v.s.mukhanov@gmail.com

Abstract:

In Sevastopol Bay and adjacent coastal waters, abundance of virus-like particles (VLP) varied seasonally between 4×10^6 and 1.9×10^7 ml⁻¹. At the bay mouth, VLPs were less abundant (10^7 ml⁻¹) than at its eastern corner (1.9×10^7 ml⁻¹) with more brackish and eutrophic waters. Virus-to-bacteria ratios ranged between 9 and 14 and were higher at the bay corner.

Keywords:

virus-like particles, virioplankton, Black Sea, epifluorescence microscopy

ВИРИОПЛАНКТОН КАРСКОМОРСКИХ ЭСТУАРИЕВ

Павлова М.А.

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

e-mail: pamaka@mail.ru

Абстракт:

Впервые в эстуариях Карского моря изучено распределение вириопланктона. Его численность в августе-сентябре (1.1-26.5 частиц/мл) превышала численность бактериопланктона (0.3-1.7 кл/мл) в среднем в 14 раз. Соотношение вирус/бактерия и количество потенциальных контактов между ними находилось в диапазоне 3-51 и 0-57, соответственно. Как в стратифицированных, так и в нестратифицированных участках эстуариев обилие вирусных частиц увеличивалось от придонных к поверхностным водам и в направлении с юга на север.

Ключевые слова:

вириопланктон, бактериопланктон, эстуарии, Карское море

Знания о наиболее массовых представителях микропланктона эстуарных зон арктических широт крайне немногочисленны. Не является исключением и их сообщества в системе крупных эстуариев Карского моря. Цель работы - изучить пространственное распределение свободных вирусных частиц и выявить связь их обилия с факторами среды в водах Енисейского залива, а также водах Обской и Гыданской губ.

Материал собран в августе-сентябре 2013 года по стандартным горизонтам 12 станций с борта НИС «Профессор Молчанов». Обилие вирусов и бактерий, а также скорость контактов (R) между ними и концентрацию хлорофилла определяли общепринятыми методами [1; 2; 3]. Гидрологические параметры измеряли СТД-зондом. Для анализа данных использовали метод ранговой корреляции Спирмена (r_s) при $p \geq 0.05$.

В исследуемых водоемах нами выделены области с относительно однородным распределением температуры и солености и с устойчивой стратификацией на глубине 10 м.

В стратифицированных водах Енисейского залива концентрация хлорофилла, вирио- и бактериопланктона находилась в диапазоне: Chl $0.5-3.9$ (1.9 ± 0.1) мг/м³, $1.8-26.5$ (11.9 ± 1.6) $\times 10^6$ частиц/мл и $0.4-1.5$ (0.8 ± 0.1) $\times 10^6$ кл/мл, соответственно. Отношение численности вирусов к численности бактерий (Nv/Nb) и количество контактов (R) между ними варьировали в пределах 3-51 (в среднем 17) и 1-57 (21) в сутки. Количество вирусных частиц и соотношение Nv/Nb коррелировало с температурой ($r_s = 0.7$; $r_s = 0.6$) и солёностью ($r_s = -0.5$; $r_s = -0.4$) воды, а также концентрацией основного фитопигмента ($r_s = 0.6$; $r_s = 0.7$). Исследуемые параметры достигали максимальных величин в прогретом распресненном слое и минимальных – в более холодном и соленом. Особенностью распределения обилия вирусов, а так же Nv/Nb и R явилось увеличение их показателей с юга на север в поверхностных водах и уменьшение в придонных в северном направлении.

В Обской губе, со сходным распределением гидрологических характеристик, планктонные вирусы 12.6 ± 2.6 (диапазон $1.1-22.7$) $\times 10^6$ частиц/мл превышали обилие бактерий 0.9 ± 0.2 (диапазон $0.3-1.7$) $\times 10^6$ кл/мл в среднем в 11 раз. Величины Nv/Nb и R изменялись в пределах 3-21 и 0-54 (22) контактов/сутки. Все определяемые параметры снижались ко дну. По направлению к морю они неравномерно возрастали в поверхностном слое и уменьшались в придонном. Между величиной Nv/Nb и солёностью воды установлена тесная обратная связь ($r_s = -0.82$).

В наиболее мелководной Гыданской губе с нестратифицированными теплыми водами отмечена наименьшая численность вирусных частиц – 7.8 ± 1.5 ($5.7-14.6$) $\times 10^6$ в 1 мл. Обилие бактериопланктона изменялось от 0.4 до 1.3 (0.9 ± 0.1) $\times 10^6$ кл/мл. Средние значения Nv/Nb и R

составляли, соответственно 7 (диапазон 3-18) и 20 (7-30) за сутки. С глубиной исследуемые показатели убывали. С юга на север численность бактерий снижалась, а вирусов увеличивалась.

Таким образом, проведенные исследования вириопланктона эстуариев Карского моря показало, что он являлся наиболее многочисленным компонентом их экосистем. Обилие вирусов повсеместно превышало обилие бактерий и достигало максимальных значений в области устойчивой стратификации. Особенности распределения наиболее массовых представителей микропланктона в значительной степени были обусловлены различиями гидрологических режимов исследуемых акваторий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант «Мол_а № 140531367»).

Список литературы:

1. Murray A.G., Jackson G.A. Viral dynamics: a model of the effects of size, shape, motion and abundance of single-celled planktonic organisms and other particles // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1992. V.89.P.103-116.
2. Noble R.T., Fuhrman J.A. Use of SYBR Green for rapid epifluorescence count of marine viruses and bacteria // *Aquat. Microb. Ecol.* 1998. V. 14. P. 113–118.
3. Porter K.G., Feig Y.S. The use DAPI for identifying and counting of aquatic microflora // *Limnol. Oceanogr.* 1980.V.25.N.5.P.943–948.

VIRIOPLANKTON ESTUARIES OF THE KARA SEA

Pavlova M.A.

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia

e-mail: pamaka@mail.ru

Abstract:

For the first time the distribution of Kara Sea estuaries viroplankton was studied. In august-september the total viral abundance (1.1-26.5 particles/ml) exceeded the bacterioplankton abundance (0.3-1.7 cell/ml) in the average 14 times. Virus:bacterium ratio and contact rates are ranging from 3-51 and 0-57, respectively. In the stratified and not-stratified areas the viruses abundance increased from the bottom layers to surface and in the direction from south to north.

Key words:

Viroplankton, bacterioplankton, estuaries, Kara Sea

МИКРОБНОЕ СООБЩЕСТВО БИОПЛЕНОК ОЗ. БАЙКАЛ

Парфенова В.В., Белькова Н.Л., Белых О.И., Дрюккер В.В.

Лимнологический институт Сибирского отделения РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: parf@lin.irk.ru

Абстракт:

Проведено изучение микробных ассоциаций в биопленках, сформированных на границах раздела фаз вода-воздух и вода-твердый субстрат. Показано их разнообразие, адаптационный и биотехнологический потенциал.

Ключевые слова:

Биопленки, нейстон, микробные сообщества, озеро Байкал

С помощью различных методов проведен анализ различных биопленок: нейстона (поверхностного микрослоя) и сформированных на искусственных и естественных субстратах каменистой литорали дна озера. Микроскопическими методами показана морфология и ультраструктура доминирующих представителей прокариотов и эукариотов, определено строение и структура биопленки. Средняя общая численность микроорганизмов в биопленке варьировала от 3 до 9 млн.кл./см². Метагеномный анализ биопленки, выполненный методом пиросеквенирования, выявил 6291 последовательность, из которых 5047 относятся к домену Bacteria, 1217 – Eukaryota. Наиболее разнообразны были филы Cyanobacteria (2228 последовательностей, 27 родов, 43,9%), Bacteroidetes (1936, 30, 38,2%) и Proteobacteria (761, 96, 15).

Гетеротрофные бактерии, изолированные из сообщества биопленок природных камней со дна озера, обладали более широким спектром ферментативной активности (протеазной, амилазной, целлюлазной, липазной), чем нейстонные. Они проявляли более выраженную антимикробную активность. Микроорганизмы из нейстонной пленки проявляли преимущественно липазную и амилолитическую активности, устойчивость к некоторым антибиотикам и к ультрафиолетовому излучению. Они были чувствительны к металлам Hg²⁺, Cr(VI) и Ni²⁺ и устойчивы к Cu²⁺ и Co²⁺. По биохимической способности разрушать такие субстраты как сахара, спирты и аминокислоты также более активными были штаммы, изолированные из биопленок с твердых субстратов. Из проанализированных штаммов (18 для биопленок и 41 для нейстона) 13 и 1 вели гидролиз более половины из всех протестированных субстратов, соответственно. Детектированы гены,

участвующие в синтезе антибиотиков (*DAPG*, *PLT*, *PCA*, *PRN*), у ряда штаммов родов *Aeromonas*, *Pseudomonas* и *Buttiauxella*.

Нами был изолирован новый бактериофаг PaBG из проб, отобранных в ультраолиготрофном оз. Байкал. Бактериофаг PaBG инфицировал культуру *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 – факультативный патоген человека, вызывающий госпитальные инфекции с устойчивостью к широкому спектру антибиотиков.

Микроорганизмы из биопленочных ассоциаций, проявляющие антагонистическую, ферментативную активности, являются перспективными для использования в биотехнологических целях.

Работа поддержана Бюджетным проектом ЛИИ СО РАН VI.55.1.3.

MICROBIAL COMMUNITIES IN BIOFILMS FROM LAKE BAIKAL

Parfenova V.V., Belkova N.L., Belukh O.I., Drucker V.V.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

e-mail: parf@lin.irk.ru

Abstract:

Investigation of microbial communities in biofilms formed at interfaces water-air and water-solid substrat have been done. Their diversity, adaptation and biotechnological potential have been discussed.

Keywords:

Biofilms, neustone, microbial communities, Lake Baikal

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА В КОРОБОЧКАХ МХА *OEDIPODIUM GRIFFITIANUM* (OEDIPODIOPSIDA, ВРЬОФУТА) ПО ДАННЫМ ТЭМ

Полевова С.В.

Биологический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

e-mail:svetlanapolevova@mail.ru

Абстракт:

Спорофит мха *Oedipodium griffitianum* представляет собой коробочку, которая не имеет перистома, открывается крышечкой и содержит внутри споровый мешок со спорами и богатым бактериальным населением.

Ключевые слова:

ТЭМ, микробные сообщества, спорофит мха, *Oedipodium griffitianum*.

Как и все наземные растения, мхи имеют разнообразные взаимоотношения с бактериальными сообществами. Наиболее известны и лучше изучены эндосимбионты Антоцеротовых, эпифитные бактериальные сообщества Маршанциевых и микроорганизмы, населяющие подушки сфагновых мхов. Имеется богатая литература по бактерицидному действию вытяжек из различных представителей Bryophyta. В работах посвященных морфологии мхов, бактериальное население отдельных органов не упоминается. Изучение эпифитных бактериальных сообществ проводится на смывах и не привязано даже к стадиям жизненного цикла: спорофиту и гаметофиту.

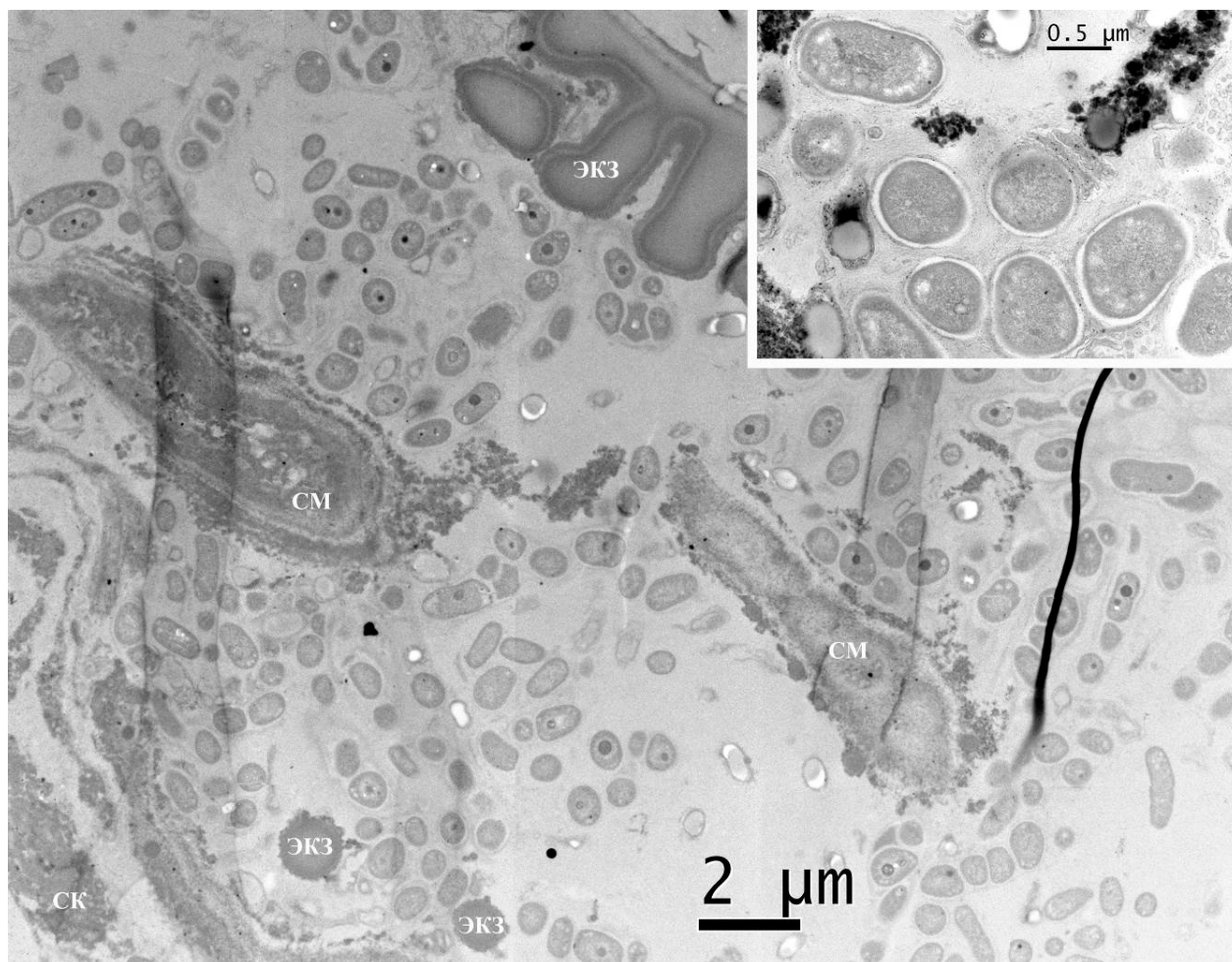
В задачу нашего исследования входило изучение тонкой морфологии и ультраструктуры спор и внутренних стенок коробочки (спорофита) *Oedipodium griffitianum* (Dicks.) Schwägr. при помощи трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ).

Материал был собран в сентябре 2014 года на горе Ольховой в Приморском крае В.Е.Федосовым и привезен в Москву живым. Коробочки вместе с внутренним содержимым помещали в фиксатор (2% раствор глутарового альдегида на какодилатном буфере, pH=7.2), вакуумировали от пузырьков воздуха и выдерживали 2 часа при комнатной температуре. Постфиксацию проводили в 1% растворе тетроксид осмия (OsO_4) 2 часа при комнатной температуре. Материал проводили по серии спиртов и ацетона, после чего помещали в смесь эпоксидных смол и ацетона на 12 часов. Пробирки с материалом 2 раза открывали для испарения ацетона и повышения концентрации эпоксидных смол в смеси. Затем коробочки перекладывали в чистую смесь эпонов (Epon812, DDSA, MNA, DMP30) и выдерживали сутки при комнатной температуре. Полимеризацию проводили в термостате при +62°C двое суток. Ультратонкие срезы 60 нм делали на ультратоме Leica UC-5 Ultracut-R (Leica Microsystems, Германия). Срезы контрастировали водным раствором уранилацетата и цитратом свинца [2]. Срезы изучали при помощи ТЭМ JEM-1011 (Jeol, Япония) при 80 кВ, камера CCD GATAN ES500W под управлением Digital Micrograph GATAN.

Работа выполнена в лаборатории электронной микроскопии биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова.

Рисунок. Ультраструктура спородермы и спорового мешка *Oedipodium griffithianum*. ЭКЗ – экзоспорий, часть спородермы, видны столбиковидные элементы скульптуры оболочки споры; СМ – споровый мешок, складки сложно устроенной стенки спорового мешка перерезаны в разных направлениях; СК – стенка коробочки, видна часть двух слоев клеток внутренней стенки коробочки. Промежутки между спородермой и споровым мешком заполнены большим количеством микробных клеток, порезанных в разных направлениях. В квадратной врезке бактериальные клетки при большем увеличении.

Традиционно род *Oedipodium* считался монотипным семейством в составе Фунариевых мхов (Funariales), близким к *Splachnaceae*. Однако молекулярно-генетические исследования показали, что *Oedipodium* помещается среди базальных групп мхов, таких как Takakiopsida, Sphagnopsida, Andreaopsida и Andreaobryopsida и самых базальных представителей перистомовых мхов



Polytrichopsida. Изучение развития спорофита *Oedipodium* подтвердило первичность отсутствия перистома у коробочки [1]. Споры *Oedipodium* как и споры сфагновых мхов имеют хорошо выраженную трилетную лезуру, которая чрезвычайно редка среди перистомовых мхов. Однако трилетные споры *Oedipodium* не имеют периспория в отличие от сфагновых мхов всегда одетых нестойким периспорием.

На дне коробочки мха, между споровым мешком и спорами выявлено большое количество бактериальных клеток, которые располагаются даже между элементами скульптуры спор мха.

Список литературы:

1. Ignatov, M.S., E.A. Ignatova & V.Ya. Cherdantseva *Oedipodium griffithianum* (Dicks.) Schwägr. (Oedipodiopsida, Bryophyta), a new species and class for Russia. // *Arctoa* 2006. V.15. P. 211-214.
2. Миронов А.А., Комисарчик Я.Ю., Миронов В.А. Электронная микроскопия в биологии и медицине. Наука, СПб. 1994. 400 с.

MICROBIAL COMMUNITY IN A CAPSULE OF MOSS *OEDIPODIUM GRIFFITIANUM* (OEDIPODIOPSIDA, BRYOPHYTA) ACCORDING TEM

Polevova S.V.

Biology faculty of Lomonosov Moscow state university, Moscow, Russia

e-mail: svetlanapolevova@mail.ru

Abstract:

Moss sporophyte in *Oedipodium griffitianum* is a capsule with operculum and without peristome. Inside it contains spore sac with spores and bacterial population.

Key words:

TEM, microbial community, moss sporophyte, *Oedipodium griffitianum*.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ОБРАСТАНИЙ В ПЕЩЕРЕ СНЕЖНАЯ (ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)

Полевская О.С.

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

e-mail: oksasha.polevskaya@mail.ru

Абстракт:

В статье рассмотрено влияние температуры на рост штаммов, выделенных из бактериальных обрастаний пещеры Снежная, среди них доминировали факультативных психрофильных бактерий.

Ключевые слова:

бактериальные обрастания, пещера, температурный фактор.

Жизнедеятельность микроорганизмов и их участие в формировании и разрушении горных пород происходят в верхних слоях литосферы на ее границе с атмосферой и гидросферой. Водоносные горизонты и полости карстовых пещер предоставляют необходимые для существования микроорганизмов условия обитания. Карстовые пещеры представляют собой особую среду обитания живых организмов, характеризующуюся отсутствием света, разнообразием химического состава воды, стабильностью условий на протяжении геологически значимых промежутков времени. В пещерах расположено много озер, протекают подземные водотоки (реки), которые при движении производят химическое выщелачивание и эрозию пород. *Аккумулятивная работа* подземных вод в карстовых районах проявляется, в первую очередь, в формировании всевозможных *натечных образований*: *сталактитов, сталагмитов, сталагматов, кораллитов, геликтитов, «лунного молока» и т.д.* Карстовые системы могут быстро реагировать на изменение климата и условий окружающей среды. Качество воды в карсте может очень существенно меняться за короткий промежуток времени [3]. Для карстовых водоносных горизонтов часто характерна прямая и быстрая связь с поверхностными и подземными водами. Карстовый материал может переноситься водными массами вместе с закрепленными на нём микроорганизмами, формирующими биоплёнки. Известно, что микроорганизмы играют ключевую роль в преобразовании минералов и горных пород. Микробные экзополисахариды, сидерофоры и другие хелатообразующие соединения, клеточные стенки бактерий способствуют растворению пород [5]. С другой стороны, липиды и фосфолипиды бактерий ингибируют растворение пород. Более того, клетки микроорганизмов могут выступать в роли центров осаждения и кристаллизации вещества [4]. Физиологическая активность биоплёнки определяется созданием благоприятных условий для её существования. Известно, что в природе микроорганизмы испытывают на себе влияние множества факторов: биотических (состав микробного сообщества, коммуникативные связи между различными группами микроорганизмов) и абиотических (рН, температура, количество питательных веществ и др.).

Цель данной работы – изучить влияние температуры на рост микроорганизмов, входящих в состав бактериальных обрастаний пещеры Снежная на разных питательных средах. Объект исследования – микробные комплексы (МК) натёчного образования со стен Рифовой галереи пещеры Снежная, расположенной в Хыпстинском массиве (Западный Кавказ, Абхазия); протяжённость, относительно верхнего входа, около 32 000 м, глубина 1760 м. Материал отобран на глубине 1000 м, относительно нижнего входа, в январе 2015 г. Температура воздуха на момент отбора проб – 5°C. Согласно ранее проведенным исследованиям, в микробных сообществах из пещеры Снежная не обнаружено психрофильных бактерий [2]. Для выделения штаммов культивируемых бактерий использовали агаризованные среды с разными источниками углерода:

среду Бромфильда, КАА, РПА, РПА:10. Посевы инкубировали 7 дней при 23°C. Всего было выделено 18 штаммов. Из них на основании культурально-морфологических характеристик были выбраны 9 штаммов, которые культивировали на трех питательных средах при разной температуре: 9, 23, 37 и 43°C.

Установлено, что при температуре 9 и 23°C большая часть штаммов утилизировали азотсодержащие органические вещества (NOB) и крахмал (табл). Исключение составляли изоляты № 1 и № 5, которые не использовали для роста крахмал. При 37°C 4 штамма росли как на богатой NOB среде, так и более бедной. Исключение: изолят № 3 рос только при большой концентрации NOB, а № 6 – при низкой. Наиболее активно употреблял NOB и крахмал мезофильный штамм № 4. При температуре 43°C рост всех штаммов отсутствовал.

Таблица. Рост штаммов на агаризованных средах при различной температуре.

№ штамма	9°C			23°C			37°C			43°C		
	КА А	РП А	РПА:1 0	КА А	РП А	РПА:1 0	КА А	РП А	РПА: 10	КА А	РП А	РПА:10
1	-	+++	+++	-	+++ +	+++	-	-	-	-	-	-
2	+++	+++	+++	+++ +	+++	+++	-	-	-	-	-	-
3	++	+++	+++	+++	+++ +	++++	-	+++	-	-	-	-
4	+++	+++	+++	+++ +	+++ +	++++	+++	+++ +	+++	-	-	-
5	-	+++	++	-	+++ +	+++	-	+++	++++	-	-	-
6	+++	+++	+++	+++ +	+++	++++	-	-	+++	-	-	-
7	+++	+++	+++	+++ +	+++	++++	-	++	++	-	-	-
8	+++	+++	+++	+++ +	+++	++++	-	++	++	-	-	-
9	++	+++	+++	++	+++ +	++++	-	-	-	-	-	-

Условные обозначения: «-» -отсутствие роста, «++» - замедленный рост, «+++» - умеренный рост, «++++»- активный рост.

У всех штаммов на среде КАА при температуре 9 и 23°C отмечалось обильное образование слизи. По литературным данным, при оптимальном повышении температуры полисахариды могут быть представлены желеобразным веществом, которое способствует более сильному прикреплению биоплёнки к поверхности [5].

Таким образом, оптимальная температура роста для большинства штаммов составляла 9 и 23°C, некоторые представители могли расти при 37°C. Используя классификацию Кисленко В.Н. [1], данные штаммы МК пещеры Снежная были отнесены к факультативным психрофильным бактериям. Остается открытым вопрос о влиянии остальных факторов на формирование биоплёнок в пещере Снежная.

Список литературы:

1. Кисленко В.Н., Колычев Н.М., Госманов Р.Г. Ветеринарная микробиология и иммунология: учебник. М.:ГЭОТАР-Медиа, 2012. С. 169-175.
2. Овсянкина (Воробьева) С.В. Влияние температуры на рост психрофильных бактерий, выделенных из пещер Дальнего Востока, Средней Сибири и Западного Кавказа // Вестник КрасГАУ, 2012. Вып 9. С. 117-121.
3. Хмурчик В.Т., Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю. Микроорганизмы, карст, нефть и спелеогенез // Пещеры: сб. науч. тр. – Естественнонаучный институт Перм. гос. ун-та. Пермь, 2010. Вып. 33. С. 130-135.
4. Barton H.A., Northup D.E. Geomicrobiology in cave environments: past, current and future perspectives // Journal of Cave and Karst Studies. 2007.V. 69, No. 1. P. 163-178.
5. Perry T.D., Duckworth O.W., McNamara C.J., Martin S.T. Mitchell R. Effects of the biologically produced polymer alginic acid on macroscopic and microscopic calcite dissolution rates // Environmental Science and Technology. 2004. V. 38. P. 3040-3046.

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON FORMATION OF BACTERIAL FOULING IN CAVE SNEZHNAJA (WESTERN CAUCASUS)

Polevskaya O.S.

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

Abstract:

In this paper, the influence of temperature on the growth of strains isolated from bacterial fouling examinations in cave Snezhnaya. The studied material revealed the presence of facultative psychrophilic bacteria and it was dominating.

Keywords:

bacterial fouling, the cave, the temperature factor

ВИБРИОФЛОРА ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА (*MIZUHOPESTEN YESSOENSIS*) ИЗ ЗАЛ. АНИВА (О. САХАЛИН)

Полтева А.В., Галанина Е.В.,

Сахалинский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, г. Южно-Сахалинск, Россия

e-mail: e.galanina@sakhniro.ru

Абстракт:

В ходе проведенных в 2011-2013 гг. исследований микрофлоры приморского гребешка, выловленного в зал. Анива, из внутренних органов и полостной жидкости моллюсков было выделено 22 штамма галофильных вибрионов. По результатам биохимической и морфологической идентификации, выделенные бактериальные изоляты были отнесены к 6 видам, два из которых являются условно-патогенными бактериями, способными вызывать заболевания у моллюсков и человека.

Ключевые слова:

вибрионы, приморский гребешок, зал. Анива, о. Сахалин

Вибрионы широко распространены в морской среде. Их можно обнаружить в воде, донных отложениях, внутренних органах здоровых гидробионтов (рыб, креветок, устриц, мидий и др.). Некоторые виды из р. *Vibrio* могут вызывать у морских обитателей серьезные заболевания, сопровождающиеся массовой гибелью животных. Для моллюсков наиболее опасными являются виды *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio parahaemolyticus*.

Слабая изученность микрофлоры в целом и вибриофлоры в частности приморского гребешка из естественных скоплений зал. Анива побудила нас провести исследования, результаты которых представлены в настоящей работе.

Материалом для исследований служили двустворчатые моллюски, собранные в мае-сентябре 2011-2013 гг. водолазами в прибрежной зоне залива Анива на глубинах 5-10 м. Выделение вибрионов из внутренних органов и тканей и их идентификацию проводили согласно принятым методикам (Методы выявления..., 2006) и с использованием тест-систем API 20NE (bioMérieux).

Выделенная из внутренних органов и полостной жидкости моллюсков вибриофлора была представлена шестью видами (таблица). Состав видов менялся ежегодно и сезонно. Чаще других в посевах встречались два вида вибрионов *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus* – потенциальные возбудители заболеваний личинок и молоди двустворчатых моллюсков. Выраженных органотропных свойств у выделенных бактерий не наблюдалась. Более разнообразной была вибриофлора полостной жидкости. Менее всего контаминации подвергался мускул-аддуктор (деликатесная часть моллюска), однако дважды за период исследований из него были выделены виды, способные вызывать пищевые токсикоинфекции у человека (см. таблицу).

В ходе исследований у приморского гребешка из зал. Анива не был обнаружен наиболее патогенный для человека вид *Vibrio parahaemolyticus*, однако, как указывалось выше, в посевах из внутренних органов и полостной жидкости присутствовали вибрионы, опасные в эпидемическом отношении, как для моллюсков, так и человека, употребляющего его в пищу.

Таблица. Вибриофлора внутренних органов приморского гребешка.

Вид бактерий	Обнаружение бактерий в органах											
	2011				2012				2013			
	пч	ж	м	пж	пч	ж	м	пж	пч	ж	м	пж
<i>Vibrio alginolyticus</i>		+		+				+	+	+	+	+
<i>Vibrio navarrensis</i>								+				
<i>Vibrio harvey</i>								+				
<i>Vibrio vulnificus</i>		+	+	+		+		+	+	+		
<i>Vibrio ordalii</i>		+										
<i>Vibrio pelagius</i> biov. 2						+		+	+			

Примечание: пч – печень, ж – жабры, пж – полостная жидкость, м – мускул.

Список литературы:

1. Методы выявления и определения паразитических вибрионов в рыбе, нерыбных объектах промысла, продуктов вырабатываемых из них, в воде поверхностных водоемов и других объектах. Методические указания 4.2.2046-06. – М.: ФЦГЭ Роспотребнадзора, 2006, 26 с.

VIBRIOFLORA OF JAPANESE SCALLOP (*MIZUHOPECTEN YESSOENSIS*) FROM ANIVA BAY (SAKHALIN ISLAND)

Polteva A.V., Galanina E.V.

Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
e-mail: e.galanina@sakhniro.ru

Abstract:

A total of 22 strains of halophilic vibrios have been isolated from the internal organs and body cavity fluid of the mollusks during the 2011-2013 studies of the microflora of the Japanese scallop caught in Aniva Bay. According to the results of biochemical and morphological identification, the obtained bacterial isolates were related to 6 species, two of which are pathogenic bacteria that can cause disease in marine animals and humans.

Key words:

vibrios, Japanese scallop, Aniva Bay, Sakhalin Island

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА С УЧЕТОМ ПЕРИОДОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Попельницкая И.М., Мучкина Е.Я., Попельницкий В.А.

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

e-mail: popelnickayairina@mail.ru

Абстракт:

Выделены стадии сукцессионного процесса микробного сообщества глубоководного водохранилища. Рассмотрены изменения уровня развития бактериопланктона по его акватории.

Ключевые слова:

бактериопланктон, водохранилище, сукцессия.

Необходимым условием экологической безопасности является адекватная оценка состояния водоемов, в том числе и водохранилищ, как функциональной составляющей крупномасштабных биосферных процессов.

Целью исследования было проследить направленность многолетней сукцессии бактериальных сообществ в водной толще.

Пространственно-временная динамика структурных показателей бактериопланктона (все показатели определялись по стандартным методикам [2]) проявляется в изменении величин плотности и в размахе их колебаний. В глубоководных водохранилищах Средней Сибири влияние на формирование бактериальных сообществ планктона оказывает период развития водоема, его положение в каскаде, алактонное органическое вещество, уровень антропогенной нагрузки. Для выявления пространственно временной динамики изменения функциональных характеристик составляющих биоты Красноярского водохранилища был проведен многофакторный дисперсионный анализ (в качестве объектов были взяты средневзвешенные значения биомасс и численностей фито-, бактерио- и зоопланктона, и деструкции органического вещества), который

показал, что фактором, оказывающим достоверное влияние на все исследованные составляющие биоты, оказался период функционирования водохранилища.

Можно отметить, что в рамках выделенных периодов распределение численности и биомассы бактериопланктона по акватории водохранилища носит однонаправленный характер (рисунок) и совпадает с изменениями характеристик фитопланктона [1]. Достоверное различие по акватории водохранилища наблюдается лишь в 4 периоде, что по-видимому можно объяснить процессами формирования Саянского водохранилища, расположенного выше по каскаду.

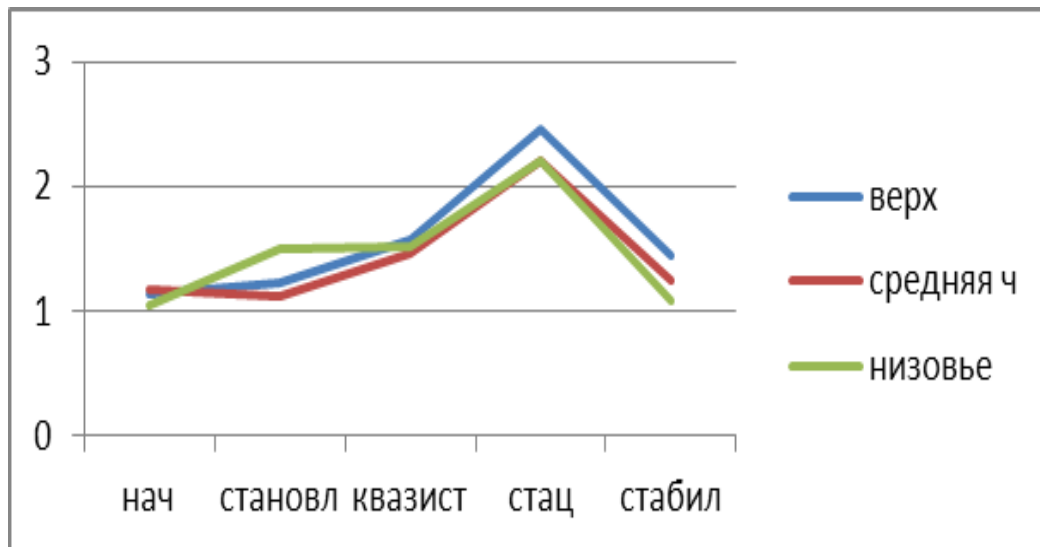


Рисунок. Динамика изменения биомассы бактериопланктона (г/м³) по акватории водохранилища по периодам функционирования.

Изменение характеристик бактериопланктона в, последнем исследуемом периоде по акватории водохранилища можно рассматривать как естественные колебания в уровне его развития в рамках сукцессионного процесса, связанные с влиянием природных биотических и абиотических факторов и прогнозировать состояние экосистемы Красноярского водохранилища как стабильное.

Список литературы:

1. Красноярское водохранилище: мониторинг, биота, качество вод: монография / Под ред. акад. А.Ф. Алимова. - Красноярск: СФУ, 2008. - 538 с.
2. Мучкина Е.Я., Попельницкая И.М., Попельницкий В.А. Бактериопланктон и сукцессионные изменения экосистемы глубоководного красноярского водохранилища // Вестник КрасГАУ. 2014. Вып. 5. С. 120-124.

ESTIMATION OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF BACTERIOPLANKTON TAKING INTO ACCOUNT PERIODS OF ECOSYSTEM FUNCTIONING KRASNOYARSK RESERVOIR ON THE RESULTS OF LONG-TERM OBSERVATIONS.

Popelnitskaya I.M., Muchkina E.Ya., Popelnitsky V.A.

Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia

e-mail: popelnickayairina@mail.ru

Abstract:

The stages of the successional process of the microbial community of the deep reservoir. The changes of the level of development of bacterioplankton in his area.

Keywords:

bakterioplankton, reservoir, succession

ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ УЛЬТРАМИКРОБАКТЕРИЙ В ПЛАНКТОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Потапов С.А., Тихонова И.В., Бутина Т.В., Белых О.И.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: poet1988@list.ru

Абстракт:

Установлена численность ультрамикробактерий (УМБ) в озере Байкал методом эпифлуоресцентной микроскопии. Средняя численность УМБ составила 7×10^4 кл/мл, максимум достигал 10^5 кл/мл. Доля УМБ от общей численности бактерий достигала в среднем 4,4%.

Ключевые слова:

Ультрамикробактерии, оз. Байкал, эпифлуоресцентная микроскопия.

Ультрамикробактерии (УМБ) это мелкие клетки объемом менее $0,1 \text{ мкм}^3$ с малым размером генома – от 3,2 до 0,58 Мб. Многие из подобных мелких объектов представляют голодающие формы клеток, которые приобретают “нормальные” размеры в условиях доступности субстрата [4]. УМБ включает как свободноживущие гетеротрофные, так и паразитические формы, с грамположительным и грамотрицательным типом строения клеточной стенки и лишенные стенки виды, являющиеся представителями семи крупных филогенетических групп бактерий. Недостаточность изучения данной группы организмов вызывает много вопросов. Особенности метаболизма УМБ и связанный с ними характер распределения этих бактериальных форм в биотопах уже проясняются [5], но вопросы участия УМБ в микробной “петле” и их восприимчивости к вирусным инфекциям (т.е. вовлеченность в вирусный “шунт”) по-прежнему вызывают много споров. В Байкале УМБ до настоящего времени не были изучены.

В данной работе впервые осуществлена оценка численности микроорганизмов в озере Байкал, проникающих через “бактериальные” фильтры с диаметром пор 0,22 мкм.

Пробы воды были отобраны в озере Байкал в сентябре 2014 г. на центральной точке разреза п. Листвянка – п. Танхой на глубине от 0 до 250 метров. Пробы фиксировали формалином (конечная концентрация 2%) в объёме 100 мл. Общую численность бактериопланктона в воде озера определяли путем учёта клеток, осажденных на мембранных фильтрах “Millipore” с диаметром пор 0,22 мкм с последующей их окраской ДНК-специфичным красителем ДАФИ (4',6'-диамидино-2-фенилиндо́л). Численность осевших на фильтре клеток учитывали с помощью микроскопа Axio Imager M1 (Carl Zeiss). Просматривали пробы при ультрафиолетовом свете ($\lambda=358 \text{ нм}$). Численность фильтрующихся клеток в воде, пропущенной через фильтр с порами 0,22 мкм, определяли путем их осаждения на фильтрах с диаметром пор 0,05 мкм с предварительной окраской и подсчетом в 20 полях зрения в 3-х повторностях по описанной выше методике.

Общая численность бактерий варьировала в пределах от $0,5 - 2,5 \times 10^6$ кл/мл.

Установлено, что численность ультрамикробактерий была в среднем 70 тыс. кл/мл, максимум составил 100 тыс. кл/мл. Доля УМБ от общей численности бактерий достигала в среднем 4,4%. В целом количественные данные УМБ в оз. Байкал в два раза превышали показатели, полученные для других пресных водоемов, и более близки к таковым для морских экосистем [1;2]. Максимум численности УМБ отмечен на горизонтах 10-15 м, ниже 25 м концентрация падает в два и более раз. Известно, что УМБ преобладают в олиготрофных условиях, в малопродуктивных районах океанов концентрация УМБ составляет 10^5-10^6 кл/мл [3].

Таким образом, в озере Байкал достаточно высокая численность УМБ. В дальнейшем предстоит выяснить их физиолого-биохимические особенности и генетическое разнообразие, а также являются ли они истинно мелкими и какие группы бактерий способны к образованию таких мелких клеток.

Список литературы:

1. Дуда В.И., Сузина Н.Е., Поливцева В.Н., Боронин А.М. Ультрамикробактерии: становление концепции и вклад ультрамикробактерий в биологию // Микробиология. 2012. Т. 81, № 4. С. 415–427.
2. Федотова А.В., Белова С.Э., Куличевская И.С., Дедыш С.Н. Молекулярная идентификация фильтрующихся форм бактерий и архей в воде кислотных озер Севера России // Микробиология. 2012. Т. 81, № 3. С. 306-313.
3. Schut F., Prins R.A., Gottschal J.C. Oligotrophy and pelagic marine bacteria: facts and fiction // Aquat. Microb. Ecol. 1997. V. 12, No. 2. P. 177-202.
4. Velimirov B. Nanobacteria, ultramicrobacteria and starvation forms: a search for the smallest metabolizing bacterium // Microbes and Environments. 2001. V. 16. P. 67–77.

5. Williams T., Joux F., Lauro F., Matallana-Surget S., Cavicchioli R. Physiology of Marine Oligotrophic Ultramicrobacteria / in: Horikoshi K. (Ed.), Extremophiles Handbook. Springer: Japan, 2011. P. 1179-1199.

ESTIMATE ULTRAMICROBACTERIA ABUNDANCE IN THE PLANKTON OF LAKE BAIKAL

Potapov S.A., Tikhonova I.V., Butina T.V., Belykh O.I.

Limnological Institute Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
e-mail: poet1988@list.ru

Abstract:

Abundance of ultramicrobacteria (UMB) in Lake Baikal was estimated by epifluorescence microscopy. The average UMB abundance was 7×10^4 cells / ml, with its maximum of 10^5 cells / ml. The UMB contribution of the total bacteria abundance achieved on average 4,4%.

Keywords:

Ultramicrobacteria, Lake Baikal, epifluorescence microscopy.

МИКРОБНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ В СОЛЕННЫХ ОЗЕРАХ ПУСТЫНИ БАДАИН ЖАРАН (ВНУТРЕННЯЯ МОНГОЛИЯ, КИТАЙ)

Раднагуруева А.А.¹, Лаврентьева Е.В.¹, Намсараев З.Б.², Намсараев Б.Б.¹

¹*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия*

²*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия*
e-mail: aryna_rg@mail.ru

Абстракт:

Изучено микробное сообщество соленых озер пустыни Бадаин Жаран, с помощью метагеномного анализа участка гена 16S рРНК. К доминирующим отнесены следующие филы эубактерий: Proteobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes, Euryarchaeota, Deinococcus-Thermus, Spirochaetes.

Ключевые слова:

микробное сообщество, разнообразие, соленое озеро, пустыня, Бадаин Жаран.

Соленые озера пустыни Бадаин Жаран являются экстремальными экосистемами и характеризуются высокими значениями солености до 495 г/л и рН до 10,63. Микроорганизмы, обитающие в этих экосистемах, представляют значительный интерес, как для фундаментальных исследований, так и для потенциальных практических применений.

Целью настоящего исследования была оценка состава и структуры микробных сообществ воды, донных осадков и микробных матов соленых озер пустыни Бадаин Жаран.

Объектами исследования является соленые озера пустыни Бадаин Жаран, которые расположены в центральной части автономного района Внутренней Монголии, а также северной части провинции Ганьсу, расположенные на высоте около 1200 метров над уровнем моря в Альхо Плато на территории пустыни Гоби. Озера встречаются в основном в южном регионе провинции пустыни Бадаин Жаран.

Для исследования были отобраны пробы воды, соли, микробных матов и донных осадков в сентябре 2013 года. Места отбора проб характеризуются высокой концентрацией хлорида натрия (6–495 г/л) и значениями рН (8,99–9,87). Пробы фиксировали в ДМСО сразу после отбора.

Суммарную ДНК выделяли методом ферментативного лизиса (Marmur, 1961; Маниатис и др., 1984). ПЦР проводили на амплификаторе Veriti (Applied Biosystems) с использованием праймеров для эубактерий 343F и 806R для гена 16S рРНК (район V3-V4). Секвенирование библиотеки, на платформе MiSeq, проводилось по протоколу производителя с использованием набора MiSeq Reagent Kit 300 Cycles (Illumina). Биоинформатическую обработку проводили с помощью CLC GW 7.0, usearch 7.0. Классификация на уровне классов, семейств, родов и фил осуществлялось с помощью программы rdp classifier 2.10.1.

В микробных сообществах воды, соли, микробных матов и донных осадков соленых озер Бадаин Жаран в результате секвенирования 16S rRNA получено от 11932 до 70060 нуклеотидных последовательностей. К доминирующим отнесены следующие филы эубактерий: Proteobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes, Euryarchaeota, Deinococcus-Thermus, Spirochaetes. К минорным можно отнести представителей таких фил как Actinobacteria, Verrucomicrobia, Chloroflexi, Nanohaloarchaeota, Ignavibacteriae.

Наибольшую долю в сообществе микробных матов и донных осадков составили представители фил Proteobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes но их соотношение существенно варьировало в разных станциях.

В красной воде (495 г/л, pH 9,76) доминируют Proteobacteria (45,1%), Euryarchaeota (20,8%), Bacteroidetes (14,5%), Firmicutes (15,7%) и Cyanobacteria (1,9%).

В образце соли доминируют Euryarchaeota (68,6%), Firmicutes (9,4%), Proteobacteria (9,1%), Bacteroidetes (8,7%), Cyanobacteria (1,9%) и Spirochaetes (1,4%).

Таким образом, впервые методом секвенирования подробно описан таксономический состав и соотношение основных групп микроорганизмов в различных образцах соленых озер Бадаин Жаран. Определяющим фактором, влияющим на видовое разнообразие в изученных пробах, являются соленость и pH.

Исследование выполнено при финансовой поддержке грантов РФФИ № 15-04-01275А, №15-44-04335-р_сибирь_a, №15-44-04302-р_сибирь_a и Министерства образования и науки РФ №1990.

Список литературы:

1. Маниатис Е., Фрич Э., Сэмбрук Дж. Методы генетической инженерии // Молекулярное клонирование / М.: Мир, 1984. 480 с.
2. Marmur J.A. procedure for the isolation of desoxyribonucleic acid from microorganisms // J. Mol. Biol. 1961. V. 3. P. 208.

MICROBIAL DIVERSITY IN THE SALT LAKES BADAIN JARAN DESERT (INNER MONGOLIA, CHINA)

Radnagurueva A.A.¹, Lavrentieva E.V.¹, Namsaraev Z.B.², Namsaraev B.B.¹

¹*Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch of Russian Academy of Science, Ulan-Ude, Russia*

²*National Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, Russia*

e-mail: aryna_rg@mail.ru

Abstract:

To investigate the microbial community of the salt lakes Badain Jaran desert, using a metagenomic analysis of 16S rRNA gene region. By the dominant eubacterial phyla include the following: Proteobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes, Euryarchaeota, Deinococcus-Thermus, Spirochaetes.

Keywords:

microbial community, diversity, salt lake, desert, Badain Jaran.

РАЗМЕРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КРУПНОГО РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Румянцева Е.В., Косолапов Д.Б.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Россия

e-mail: elivic.rum@gmail.com

Абстракт:

В литорали Рыбинского водохранилища изучена динамика бактериопланктона и его активной фракции. Установлено, что мелкие кокки, а также крупные палочки и вибрионы обладают высокими темпами размножения, и увеличивая свою численность, лизируются специфичными к ним вирусами. Лизис этих размерно-морфологических групп приводит к уменьшению количества жизнеспособных клеток с неповрежденными нуклеоидами, но стимулирует деление менее конкурентноспособных за субстраты и медленно растущих средне- и крупноразмерных кокков и коккобацилл. Они становятся доминирующими и, в свою очередь, подвергаются вирусному лизису.

Ключевые слова:

бактериопланктон, размерно-морфологическая структура, активная фракция, водохранилище

Изучение активной фракции бактериальных сообществ – одно из приоритетных направлений водной микробиологии. Ранее была высказана гипотеза о существовании линейной связи между размерами бактерий и их активностью [3] и установлено, что активные бактерии чаще всего имеют палочковидную и нитевидную форму [1,4]. Мелководья водоемов – это пограничная зона между типичными водными и наземными экосистемами с повышенным содержанием субстратов и биогенных элементов. Кроме того, в литорали гнездятся колониальные птицы, оказывающие существенное влияние на сообщества планктонных микроорганизмов [2].

Цель работы – изучить динамику бактериопланктона, его размерно-морфологической структуры и активной фракции в прибрежно-мелководной зоне водохранилища.

Исследования проводили в мае-июле в 2009–2011 гг. в защищенной зарастающей литорали Рыбинского водохранилища (Верхняя Волга), среди гнездовой птиц сем. Чайковые (Ч) и на фоновом участке (Ф). Численность и размеры клеток бактериопланктона, количество делящихся и нуклеоидсодержащих бактерий, а также вириопланктона определяли методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием различных флуорохромов и процедур [2].

В бактериопланктоне доминировали средние по размерам клетки – кокки и коккобациллы диаметром 0.35-0.45 мкм. Встречаемость в сообществе мелких (диаметром <0.35 мкм) кокков и крупных (длиной ≥ 2 мкм) палочек и вибрионов изменялась синхронно, особенно на заселенном птицами участке. Количество бактерий с неповрежденными нуклеоидами в 2011 г. в среднем составило 3.5 млн. кл./мл. Средняя численность делящихся клеток колебалась от 0.09 млн. кл./мл в 2009 г. до 0.35 млн. кл./мл в 2010 г. Пики численности делящихся бактерий всегда следовали за увеличением количества нуклеоидсодержащих клеток и приходились на фазу его снижения, причем доля жизнеспособных и активных бактерий в общей численности бактериопланктона была ниже на заселенном птицами участке по сравнению с фоновым (табл.).

Общая численность бактериопланктона умеренноположительно ($r = 0.53$, $P \leq 0.05$) коррелировала с количеством вириопланктона, тогда как взаимосвязь вирусов с нуклеоидсодержащими и делящимися клетками была отрицательной, причем более сильной в зоне влияния птиц: $r = -0.30$ и -0.45 соответственно. Корреляции могли быть более сильными, если бы не так сложно было учитывать делящиеся мелкие кокки. Кроме того, крупные палочки и вибрионы избирательно выедаются протистами, что также влияет на численность нуклеоидсодержащих бактерий.

Таблица. Доля делящихся (в числителе) и нуклеоидсодержащих (в знаменателе) клеток в общей численности бактериопланктона в литорали водохранилища в зоне (Ч) и вне зоны (Ф) влияния птиц

Год	Ч		Ф	
	среднее, %	CV, %	среднее, %	CV, %
2009	1.01	30.6	1.33	55.7
2010	2.95	34.2	3.56	38.1
2011	<u>1.55</u> 39.4	<u>45.1</u> 58.4	<u>1.97</u> 47.4	<u>50.3</u> 46.6

Увеличение количества делящихся бактерий на фоне уменьшения численности нуклеоидсодержащих клеток связано с последовательным развитием в бактериопланктоне вначале мелких кокков и крупных палочек и вибрионов, а затем среднеразмерных и крупных кокков и коккобацилл. В зоне влияния колоний птиц «вспышки» численности жизнеспособных и активных бактерий сменялись периодами «покоя», что вызывало уменьшение их доли в сообществе. Рост бактерий разных размеров и морфологии контролировали вирусы в соответствии с гипотезой «убивая победителя» [5].

Список литературы:

1. Копылов А.И., Косолапов Д.Б. Бактериопланктон водохранилищ Верхней и Средней Волги. М.: СГУ, 2008. 377 с.
2. Румянцева Е.В., Косолапов Д.Б., Косолапова Н.Г., Кулаков Д.В. Динамика планктонных микроорганизмов и вирусов в литорали Рыбинского водохранилища: влияние колониальных поселений птиц // Биол. Внутр. Вод. 2013. № 4. С. 21 – 29.
3. Gasol J.M., del Giorgio P.A., Massana R., Duarte C.M. Active versus inactive bacteria: size-dependence in coastal marine plankton community // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1995. V. 128. P 207– 217
4. Søndergaard M., Danielsen M. Active bacteria (CTC+) in temperate lakes: temporal and cross-system variations // J. Plankton Res. 2001. V. 23. P. 1195–1206.
5. Thingstad T.F. Element of a theory for the mechanisms controlling abundance, diversity, and biogeochemical role of lithic bacterial viruses in aquatic system // Limnol. Oceanogr. 2000. V. 45. P. 1320-1328.

SIZE-MORPHOLOGICAL STRUCTURE AND ACTIVE FRACTION OF LITTORAL BACTERIOPLANKTON OF LARGE LOWLAND RESERVOIR

Rumyantseva E.V., Kosolapov D.B.

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters, RAS, Borok, Russia

e-mail: elivic.rum@gmail.com

Abstract:

Dynamics of bacterioplankton and its active fraction were studied in the littoral zone of the Rybinsk reservoir. Small cocci, as well as large rods and vibrios multiply rapidly, and they, increasing their concentrations, are attracted by viruses. Lysis of these size-morphological groups reduces the number of viable cells with intact nucleoids, but stimulates the division of less competitive for substrates and slow-growing mid-size and large cocci and coccobacilli. When they become dominant, they, in turn, lyse by viruses.

Key words:

bacterioplankton, size and morphological structure, viable and active fraction, reservoir

КОМПОНЕНТЫ МИКРОБНОЙ ПЕТЛИ В ОБРАСТАНИЯХ МАКРОФИТОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Рыбакова И.В.¹, Мыльникова З.М.¹, Рыбакова К.С.²

¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, п. Борок, Россия

e-mail: ryba@ibiw.yaroslavl.ru

²Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского, г.

Ярославль, Россия

e-mail: ksenia.ribakowa@yandex.ru

Абстракт:

В обрастаниях высших водных растений Рыбинского водохранилища определяли численность и биомассу основных компонентов микробной пищевой петли: гетеротрофных бактерий, гетеротрофных флагаеллат и инфузорий. Обнаружена высокая положительная связь первых и вторых, изучено видовое разнообразие инфузорий эпифитона.

Ключевые слова:

высшие водные растения, гетеротрофные бактерии, гетеротрофные флагаеллаты, инфузории.

В течение последних десятилетий микробные трофические сети являются одним из основных вопросов гидрологических исследований, однако до сих пор чрезвычайно мало данных о структуре и функционировании микробного сообщества ассоциированного с высшими водными растениями. В связи с этим целью работы является определение количественных показателей и изучение взаимосвязей основных компонентов микробной пищевой сети в обрастаниях высших водных растений.

Общую численность бактерий и биомассу учитывали прямым счетом с использованием флуорохрома DAPI [4], для окрашивания флагаеллат использовали флуорохром примулин [2]. Бактерии и флагаеллаты измеряли с помощью линейного окулярного микрометра, их объемы вычисляли по формулам шара, цилиндра или эллипсоида. Сырую биомассу гетеротрофных флагаеллат пересчитывали на углерод, полагая, что углерод составляет 22% сырой биомассы [1]. Для расчета содержания углерода (С, фгС/кл.) в сырой биомассе бактерий использовали уравнение $C=120 \times V^{0.27}$, где V – объем бактериальной клетки, мкм³ [3]. Инфузорий определяли и подсчитывали в живом состоянии без предварительного концентрирования в камере Богорова под микроскопом МБС-10, а мелкие формы – под микроскопом Ergaval (Германия).

В эпифитоне четырех массовых видов высших водных растений Рыбинского водохранилища определены численность и биомасса основных компонентов микробного сообщества (гетеротрофные бактерии, гетеротрофные флагаеллаты и инфузории). Материал для исследования был собран в мелководной зоне Рыбинского водохранилища (глубина 0.7-1.0 м) с июля по октябрь 2005 г. Изучали эпифитон макрофитов: *Sagittaria sagittifolia* (Стрелолист стрелолистный), *Polygonum amphibium* (Горец земноводный), *Phragmites communis* Trin. (Тростник обыкновенный), *Scirpus radicans* Schkuhr (Камыш укореняющийся). Численность и биомасса бактерий в эпифитоне изменялась в пределах 19,416-728,242 млн.кл./см² и 2,744 -77,373 мкг/см² (средняя в углероде 5,084 мкгС/см²), соответственно, при этом минимальные значения регистрировали в эпифитоне растений с плавающими листьями, максимум – на тростнике. В результате, количество бактерий и их биомасса, в обрастаниях горца и стрелолиста оказались в 3,3 и 3,0 раза меньше, чем на полупогруженных тростнике и камыше. Среди простейших в эпифитоне

исследованных видов макрофитов преобладали гетеротрофные флагелляты, являющиеся активными потребителями гетеротрофных бактерий. Их численность учитывалась по двум размерным фракциям: менее 2,0 мкм и от 2,0 до 5,0 мкм. За исследуемый период регистрировали изменения первых: на стрелолисте в пределах 222,2-824,2 тыс. экз./см², на горце 181,2-921,7 тыс. экз./см², тростнике 82,6-4474,6 тыс. экз./см² и камыше 555,9-1286,2 тыс. экз./см², вторых, в пределах 292,4-593,4 тыс. экз./см², 130,3-1036,9 тыс. экз./см², 137,7-3050,9 тыс. экз./см² и 773,4-1153,9 тыс. экз./см², соответственно. Биомасса жгутиконосцев размером менее 2,0 мкм была в пределах 0,11-3,54 мкг/см², размером от 2,0 до 5,0 мкм в пределах 2,49-43, 47 мкг/см², максимальные значения и тех и других регистрировали в обрастаниях тростника. В среднем биомасса жгутиконосцев в углероде составила 2,630 мкгС/см², что соответствует 52% от массы бактерий. Высокая численность гетеротрофных флагеллят, зарегистрированная в обрастаниях макрофитов, предполагает их значительную роль в выедании гетеротрофных бактерий. Между численностью бесцветных жгутиконосцев и численностью бактерий обнаружена высокая положительная связь ($R = 0.77$, $\rho = 0.05$).

Среднее для всех исследованных растений количество инфузорий эпифитона в течение сезона менялось от 0,5 экз./см² до 3,1 экз./см². В ряде проб со стрелолиста – инфузории не были обнаружены. В среднем за сезон численность инфузорий была минимальной в обрастаниях стрелолиста – 0,1 экз./см², максимальной – на камыше укореняющемся – 3,6 экз./см². Обнаруженные в обрастаниях инфузории были отнесены к 30 видам, два из них – *Lionotus fasciola* и *Epistylis rotans*, относящиеся к бентосно-перифитонным (хищник) и планктонно-перифитонным (бактерио-детритофаг) были отмечены как в перифитоне ВВР, так и в воде зарослей. Наиболее часто встречающимся в эпифитоне видом оказалась прикрепленная инфузория *Vaginicola crystalline*, с бактерио-детритофаговым типом питания. В результате по типу питания 62,3% от общего числа обнаруженных видов относятся к бактерио-детритофагам, 16,8% - к альгофагам, 14,4% - к всеядам и 6,5% - к хищникам.

Обнаруженные инфузории, по характерному для них месту обитания, в эпифитоне присутствовали в следующем соотношении: прикрепленные - 70,1%; планктонно-бентосные – 7,0%; бентосно-перифитонные – 15,8%; бентосные – 4,7%; бентосно-перифитонно-планктонные – 1,4%; бентосно-планктонные – 0,5% и планктонные – 0,5%.

В результате исследования в обрастаниях высших водных растений зарегистрирована высокая численность гетеротрофных флагеллят и установлена их тесная связь с численностью бактерий. Обнаружено также большое разнообразие инфузорий разных трофических предпочтений.

Список литературы:

1. Vørsheim K.Y., Bratbak G. Cell volume to carbon conversion factors for bacterivorous *Monas* sp. enriched from seawater // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1987. V. 36. P. 171-175.
2. Caron D. A. Technique for enumeration of heterotrophic and phototrophic nanoplankton, using epifluorescence microscopy and comparison with other procedures. // Appl. Environ. Microbiol. 1983. V. 46. N2. P. 491-498.
3. Norland S. The relationship between biomass and volume of bacteria // Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology / Eds. Kemp P., Sherr B., Sherr E., Cole J. Boca Raton: Lewis Publishers. 1993. P. 303-308.
4. Porter R. G., Feig Y. S. "The use of DAPI for identification and counting of aquatic microflora. //Limnol. Oceanogr. 1980. V. 25. N. 5. P. 943-948.

COMPONENTS OF THE MICROBIAL LOOP IN FOULING ORGANISMS OF MACROPHYTES IN THE RYBINSK RESERVOIR

Rybakova I.V.¹, Mylnikova Z.M.¹, Rybakova K.S.²

¹Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia, e-mail: ryba@ibiw.yaroslavl.ru

²Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D.Ushinsky, Yaroslavl, Russia, e-mail: ksenia.ribakowa@yandex.ru

Abstract:

This study evaluates abundance and biomass of the main components of microbial food loop (heterotrophic bacteria, heterotrophic flagellates and infusoria) in fouling organisms of higher aquatic plants in the Rybinsk Reservoir. A high positive correlation is found between heterotrophic bacteria and heterotrophic flagellates. The species diversity of infusoria of epiphyton is also studied during this study.

Key words:

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРОКАРИОТ-АССОЦИАНТОВ ГАЛОФИЛЬНЫХ ПРОТИСТОВ

Селиванова Е.А.¹, Гоголева Н.Е.², Хлопко Ю.А.¹, Плотников А.О.¹

¹Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Оренбург, Россия

²Казанский институт биохимии и биофизики КНЦ РАН, Казань, Россия

e-mail: selivanova-81@mail.ru

Абстракт:

Впервые методом 16S метагеномного секвенирования изучен таксономический состав прокариот-ассоциантов автотрофных и гетеротрофных протистов, выделенных из солёных водоемов Соль-Илецка и Приэльтонья. Важным фактором, определяющим таксономический состав прокариот в ассоциациях галофильных протистов, является уровень минерализации среды. В ассоциациях с гетеротрофными протистами таксономическое разнообразие прокариот выше, чем в ассоциациях с автотрофными.

Ключевые слова:

Галофильные протисты, прокариоты-ассоцианты, NGS, Illumina, 16S метагеномное секвенирование

Микроорганизмы, населяющие местообитания с экстремальными значениями факторов среды, привлекают большой научный интерес. Изучается разнообразие, распространение, физиология, геномика галофильных архей и бактерий. Наряду с прокариотами интерес представляют галофильные протисты, из которых наиболее изученными являются зеленые одноклеточные водоросли рода *Dunaliella*, тогда как гетеротрофные протисты изучены мало. Ранее показано присутствие в культурах *Dunaliella* постоянных бактерий-спутников [1]. Целью исследования стало изучение таксономического состава прокариот в ассоциациях с галофильными протистами с применением NGS секвенирования.

Исследован состав прокариот в ассоциациях с автотрофными (*Dunaliella parva*) и гетеротрофными протистами (*Pharyngomonas* sp., *Heterolobosea* aff. *Tzucubomonas*, *Heterolobosea* sp.), выделенными из гипергалинных водоемов Соль-Илецка (оз. Развал) и Приэльтонья (эфемерные водоемы вблизи устья р. Чернавка). Культивирование фототрофных протистов осуществляли на минеральной среде ОПС (минерализация – 143,7 г/л), гетеротрофных протистов – на минеральных средах (минерализация – 35 и 150 г/л) с подкормкой убитыми нагреванием бактериями *Pseudomonas fluorescens*. Суммарную ДНК выделяли методом ферментативного лизиса [2]. Таксономический состав сообществ изучали методом 16S метагеномного секвенирования на секвенаторе MiSeq (Illumina). Данные по составу сообщества получены с помощью программного обеспечения предустановленного на секвенаторе, и обработаны комплексом биоинформационных методов пакета USEARCH.

В ассоциации с *Dunaliella parva* (минерализация среды 143,7 г/л) из 106878 ридов прокариот 51,47% принадлежало домену Bacteria, 43,41% – домену Archaea. Бактерии были представлены двумя классами – Gammaproteobacteria (36,53%) и Bacilli (13,74%), а археи – одним классом Halobacteria. Наиболее многочисленными оказались археи рода *Halorubrum*, среди которых определялись виды *H. californiense*, *H. cibi*, *H. orientale*. Среди бактерий класса Gammaproteobacteria присутствовали виды *Kushneria aurantia*, *Chromatium weissei*, *Cellvibrio gandavensis*, *Marinospirillum* sp., класс Bacilli был полностью представлен *Alkalibacterium* sp.

В ассоциации с *Heterolobosea* sp. (минерализация среды 150 г/л) из 493932 ридов прокариот большая часть принадлежала к домену Bacteria (73,27%), меньшая – к домену Archaea (21,68%). Таксономическое разнообразие прокариот было значительно выше, чем в ассоциации с *Dunaliella parva*. Среди бактерий были представлены классы Gammaproteobacteria (29,11%), Sphingobacteria (27,86%), а также Deltaproteobacteria, Alphaproteobacteria и др. Археи относились к классу Halobacteria, который включал в себя роды *Natronomonas*, *Halorubrum*, *Haloferax*, *Haloarcula*, *Haloplanus*. Самыми многочисленными были *Natronomonas moolapensis*, *Halorubrum californiense*, *Haloferax sulfurifontis*. Среди бактерий самыми многочисленными были представители родов *Halomonas* и *Ectothiorhodospira*.

В ассоциации с *Pharyngomonas* sp. (минерализация среды 35 г/л) из 99058 ридов прокариот 95,09% принадлежали к домену Bacteria. Класс Gammaproteobacteria (73,68% ридов) включал представителей порядков Alteromonadales (42,02%), Oceanospirillales (31,66%). Порядок Alteromonadales был представлен доминирующим родом *Idiomarina*, вид *I. loihiensis*. Порядок Oceanospirillales включал доминирующий род *Halomonas*, вид *H. glaciei*.

В ассоциации с *Heterolobosea* aff. *Tzucubomonas* (минерализация среды 35 г/л) из 80602 ридов прокариот домену Bacteria принадлежало 95,15%, среди них обнаруживались представители классов Gammaproteobacteria (71,85%), Sphingobacteria (14,88%), Flavobacteria (4,92%). Внутри класса Gammaproteobacteria преобладал порядок Alteromonadales (64,58%), меньшую часть составлял порядок Oceanospirillales (3,67%). Порядок Alteromonadales в основном был представлен родом *Idiomarina*, видом *I. loihiensis*, также обнаруживались представители родов *Marinobacter*, *Pseudidiomarina*. Порядок Oceanospirillales был представлен родом *Halomonas*.

Таким образом, важным фактором, определяющим таксономический состав прокариот в ассоциациях галофильных протистов, является уровень минерализации среды. Так, археи обнаруживались при минерализации выше 100 г/л и были представлены экстремальными галофилами из семейства Halobacteriaceae. При минерализации 35 г/л доминирующим в ассоциациях был класс Gammaproteobacteria, представленный в основном умеренно галофильными видами из семейств Oceanospirillaceae и Halomonadaceae. Отмечено, что в ассоциациях с гетеротрофными протистами таксономическое разнообразие прокариот выше, чем в ассоциациях с автотрофами.

Работа частично выполнена на базе ЦКП «Персистенция микроорганизмов» ИКВС УрО РАН и поддержана грантами РФФИ 13-04-00740, 14-04-01796.

Список литературы:

1. Bardavid R.E., Khristo P., Oren A. Interrelationships between Dunaliella and halophilic prokaryotes in saltern crystallizer ponds // Extremophiles. 2008. №12. P. 5–14.
2. Белькова Н.Л., Андреева А.М. Введение в молекулярную экологию микроорганизмов: Учебно-методическое пособие. Ярославль: ООО «Принтхаус», 2009. 91 с.

TAXONOMIC COMPOSITION OF PROKARYOTES-ASSOCIATES OF HALOPHILIC PROTISTS

Selivanova E.A.¹, Gogoleva N.E.², Khlopko Yu.A.¹, Plotnikov A.O.¹

¹Institute for cellular and intracellular symbiosis UrB RAS, Orenburg, Russia

²Kazan institute of biochemistry and biophysics KSC RAS, Kazan, Russia

e-mail: selivanova-81@mail.ru

Abstract:

For the first time taxonomic composition of prokaryotes-associates of autotrophic and heterotrophic protists isolated from salt water bodies in Salt-Iletsk and Elton regions have been studied with the method of 16S metagenomic sequencing. Important factor influencing the taxonomical composition of prokaryotes in associations with halophilic protists is level of medium mineralization. The taxonomic diversity is higher in associations with heterotrophic protists than in associations with autotrophic ones. The highest species richness of prokaryotes-associates has been registered in culture *Heterolobosea* sp.

Keywords:

halophilic protists, prokaryotes-associates, NGS, Illumina, 16S metagenomic analysis.

КРИОЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ ГИГАНТСКИХ БАКТЕРИОФАГОВ *P. aeruginosa*: phiKZ, EL, Lin68

Соколова О.С.¹, Шабурова О.В.²

¹МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

²Институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова РАМН, г. Москва, Россия

e-mail: sokolova184@gmail.com

Абстракт:

Методом облучения повышенной дозой электронов детектировано белковое внутреннее тело в капсиде гигантских phiKZ-подобных бактериофагов EL и Lin68. Внутреннее тело служит для организации ДНК и его линейные размеры коррелируют с размерами генома. Получена реконструкция полноразмерного гигантского бактериофага EL.

Ключевые слова:

криоэлектронная микроскопия, гигантские бактериофаги, “внутреннее тело”

Из всех phiKZ-подобных бактериофагов к настоящему моменту трехмерная структура известна только для phiKZ. Он также является первым бактериофагом, в капсиде которого была обнаружена белковая структура, «внутреннее тело». Функции этого тела пока остаются неизвестными. В задачи исследования входило разработать метод определения наличия “внутреннего тела” в капсидах бактериофагов с помощью криоэлектронной микроскопии и изучить наличие такой структуры в капсидах других гигантских бактериофагов.

Для определения внутри капсида белкового тела , покрытого ДНК , мы предложили оригинальный метод облучения замороженных в витрифицированном льду бактериофагов высокой дозой электронов . Известно, что при облучении гетерогенных комплексов ДНК -белок повышенной дозой электронов ($>40\text{—}50\text{ e}/\text{\AA}^2$), газовые пузыри образуются быстрее и при более низкой дозе , чем при облучении белок-белковых комплексов. В результате газовые пузыри образуют специфический паттерн , повторяющий очертания комплекса . В ситуации , когда белок неразличим на фоне окружающей его нуклеиновой кислоты , картина лучевого повреждения, хорошо видимая на криоизображениях, позволяет судить о наличии и размерах расположенных внутри белковых частиц.

В данной работе методом облучения повышенной дозой электронов мы детектировали белковые внутренние тела в капсидах гигантских phiKZ-подобных бактериофагов: EL и Lin68 (Рисунок). Для оценки положения и размеров внутренних тел мы использовали образующиеся паттерны горения (ПГ). Мы показали, что ПГ значительно различаются у фагов phiKZ, Lin68, и EL. ПГ у EL расположен под большим углом наклона по сравнению с phiKZ (Рисунок). Это дало нам основание предположить, что у EL, в отличие от phiKZ и Lin68, внутреннее тело крепится между двумя противоположными вершинами капсида . Линейные размеры области ПГ позволили реконструировать приблизительные размеры и расположение внутреннего белкового тела у фага EL. Было обнаружено, что линейные размеры внутреннего тела коррелируют с размерами генома . Крио-изображения позволили построить реконструкцию полноразмерного фага EL.

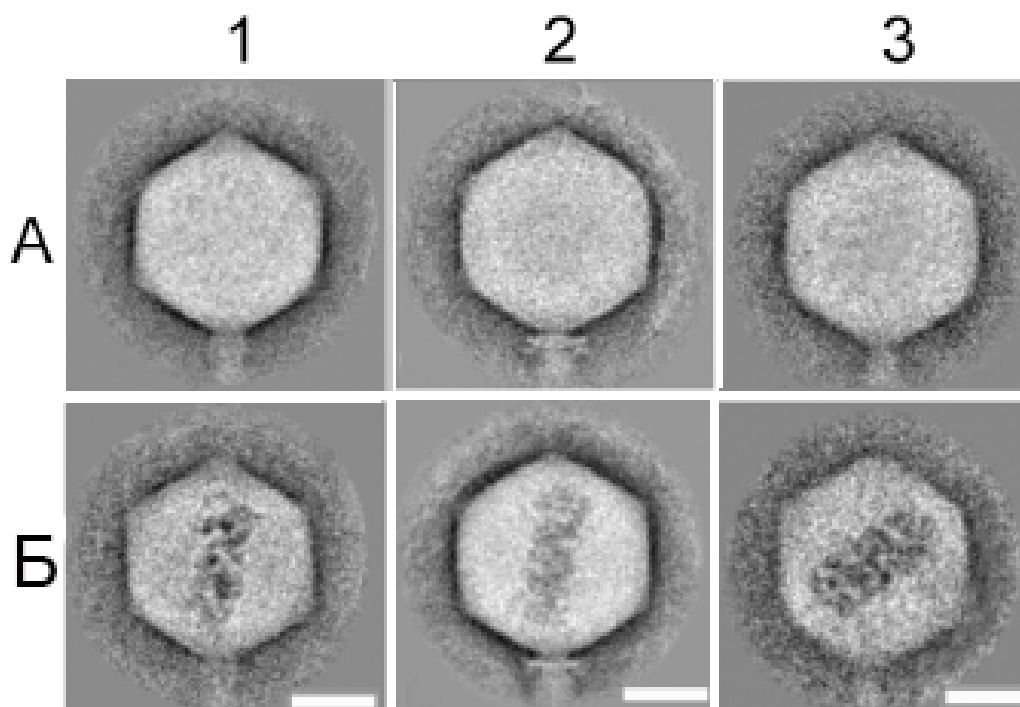


Рисунок. Криоэлектронная микроскопия капсидов гигантских бактериофагов до (А) и после (Б) облучения высокой дозой электронов. (1) phiKZ; (2) Lin68; (3) EL. Масштабный отрезок – 50 нм.

KRYO-ELECTRON MICROSCOPY OF GIANT *P. aeruginosa* BACTERIOPHAGES: PHIKZ, EL, LIN68B

Sokolova O.¹, Shaburova O.²

¹Moscow State M.V. Lomonosov University, Moscow, Russia

²I.I.Mechnikov Institute of Vaccine and Sera, Moscow, Russia

Abstract:

We revealed the presence of inner bodies inside the capsids of giant phages phiKZ, EL and Lin68 using high-dose illumination. The inner body serves as the structural feature for the organization of DNA and its linear dimensions correlate with the size of the genome. We obtain a 3D reconstruction of a giant bacteriophage EL.

Key words:

cryo-electron microscopy, giant bacteriophages, “inner body”.

АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РАЗНОТИПНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ г. КИЕВА

Старосила Е.В., Олейник Г.Н., Юришинец В.И., Воликов Ю.Н.

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: jenya_star@ukr.net

Абстракт:

Приведены данные об активности разложения перекиси водорода в донных отложениях урбанизированных водоемов г. Киева ферментативным и химическим путем. Показана возможная взаимосвязь активности каталазы в донных отложениях с качественным и количественным составом макрозообентоса и типом водного объекта.

Ключевые слова:

каталаза, ферментативная активность, донные отложения, макрозообентос, урбанизированные территории, водные объекты.

Активность каталазы в донных отложениях водоемов может быть показателем антропогенного загрязнения и токсикологической ситуации, а также индикатором интенсивности процесса деструкции органического вещества [3]. Каталаза не только внутриклеточный фермент, она также активно выделяется микроорганизмами в среду их обитания и, обладая высокой устойчивостью, может накапливаться и долгое время сохраняться в ней [5]. Известно, что распад перекиси водорода в донных отложениях и воде может происходить как ферментативным, так и неферментативным путем (минеральными и органическими катализаторами, содержащимися в отложениях) [1, 4]. Известно, что высокий уровень активности каталазы необходим для обезвреживания перекиси водорода до воды и молекулярного кислорода. Также, разрушения H_2O_2 в донных отложениях водоемов протекает вследствие неферментативных реакций при участии веществ восстановленной природы биогенного и антропогенного происхождения [2].

В 2011–2012 гг. посезонно исследовали активность каталазы в донных отложениях 5-ти биотопов в 3-х водных объектах в черте г. Киева: рукав Десенка реки Днепр, озера Редькино и Опечень. Перечисленные объекты характеризуются различными режимами проточности и подвергаются разнофакторному антропогенному воздействию.

Суммарный распад перекиси водорода в донных отложениях исследованных водоемов находился в пределах в среднем 0,024–0,838 мг H_2O_2 /час·г и был характерным для водоемов с неблагоприятной экологической ситуацией [3]. Установлено возрастание в осенний сезон ингибирования каталазы в отложениях всех исследованных урбанизированных водоемов. За период изучения доля химического разложения H_2O_2 колебалась в среднем от 43 до 100%.

Преобладание неферментативного процесса разложения H_2O_2 над ферментативным в донных отложениях водных объектов г. Киева может свидетельствовать о сдвиге редокс-потенциала в сторону восстановленных условий, а также присутствии недоокисленных соединений, тяжелых металлов, пестицидов, фенолов, катализирующих химический процесс распада перекиси водорода. Это может быть сигналом плохой экологической ситуации в исследованных водных объектах урбанизированных территорий. Об этом свидетельствуют крайне низкие показатели видового богатства, численности и биомассы макрозообентоса наиболее загрязненного непроточного водного объекта — о. Опечень. Численные показатели зообентоса и зооперифитона отмечены достаточно высокими в биотопах с хорошим водообменом с основным руслом р. Днепр, невзирая на существенное антропогенное влияние (нижний участок рукава Десенка), о чем свидетельствовало изменение активности каталазы. Следует отметить, что химическое расщепление перекиси водорода в донных отложениях играет положительную роль в процессах улучшения экологического состояния водных объектов и способствует выживанию гидробионтов.

Список литературы:

1. Дзюбан А.Н. Деструкция органического вещества и процессы превращения метана в донных отложениях Рыбинского водохранилища // Биология внутренних вод. 2002. № 1. С. 43–50.
2. Максимова Э.А., Максимов В.Н., Колесницкая Г.Н. и др. Микробиологическая индикация и оценка состояния донных отложений Южного Байкала // Микробиология. 1995. Т. 64, № 3. С. 399–404.
3. Старосила Е.В. Деструкція органічної речовини та активність каталази у донних відкладах як показники високого антропогенного навантаження водойм // Наук. зап. Тернопіл. ун-ту. Серія: Біологія. Спец. випуск: «Оцінка екологічного стану водойм та адаптація гідробіонтів». 2008. Т. 3, № 37. С. 143–147.

4. Цокур Н.И., Степанюк Н.А. Биологическая активность илов акватории Одесского залива в различные сезоны года // Гидробиол. журн. 1989. Т. 25, № 1. С. 49–53.
5. Skujns J.J. Extracellular enzymes in soil // CRS Crit. Rev. Microbiol. 1976. N 4. P. 383–414.

THE CATALAZE ACTIVITY IN BENTHIC SEDIMENTS OF DIFFERENT TYPES OF WATER BODIES IN KYIV CITY

Starosyla Ye.V., Olejnik G.N., Urishinets V.I., Volikov U.N.

Institute of hydrobiology NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract:

The data on the activity of hydrogen peroxide decomposition in the benthic sediments of urban water bodies in Kyiv, enzymatic and nonenzymatic reactions has been presented. It is shown the possible relationships of catalaze activity in the benthic sediments with qualitative and quantitative composition of macrozoobenthos and the type of water body.

Keywords:

catalaze, enzymatic activity, sediments, macrozoobenthos, urban areas, water bodies.

ПОИСК, ИЗОЛЯЦИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ВИРУСОВ МОРСКИХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ: НОВЫЕ АЛЬГОВИРУСЫ, МЕТОДЫ, ФАКТЫ И ГИПОТЕЗЫ

Степанова О.А.

ФГБНУ "Институт природно-технических систем", г. Севастополь, Россия

e-mail: solar-ua@ya.ru

Абстракт:

С 2002 по 2015 гг. из проб воды и гидробионтов из акватории у побережья Севастополя было изолировано свыше 200 вариантов новых для науки и для экосистемы Черного моря альговирюсов, которые по своим свойствам были отнесены к семейству Phycodnaeviridae. Вирусы были изучены при помощи классических способов, а также с использованием ранее не применявшихся для этих целей методов и экспериментов. Были выявлены новые факты и высказаны новые гипотезы.

Ключевые слова:

альговирюсы, микроводоросли, Черное море, мониторинг

Введение. Актуальность поиска и изучения альговирюсов обусловлена их ролью в поддержании динамического равновесия представителей фитопланктона, ответственного за создание первичной органической материи, а также за циркуляцию углекислого газа и кислорода в гидросфере и атмосфере нашей Планеты. С 2002г на базе Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского (ИнБЮМ) проводился мониторинг альговирюсов Черного моря, который с 2015 г. продолжен в Институте природно-технических систем.

Цель выполненных исследований – анализ результатов многолетнего мониторинга новых для науки и экосистемы Черного моря альговирюсов, их изучения, экспериментальных исследований с обоснованием новых фактов и гипотез.

Материалы и методы. Мониторинг, изучение и экспериментальные исследования проводили на основе авторских запатентованных способов с использованием индикаторных культур микроводорослей *Tetraselmis viridis*, *Dunaliella viridis*, *Phaeodactylum tricorutum*, *Prorocentrum pusilla*, *Isochrysis galbana*, *Emiliania huxleyi*, которые были получены из коллекции микроводорослей отдела экологической физиологии водорослей ИнБЮМ.

Для изучения контакта альговирюсов с хозяевами были использованы метод микрокалориметрии (Biological Activity Monitor – BAM, 2277 system, LKB, Sweden) и прибор Tox Y-PAM (Pulse amplitude modulation, Walz, Germany).

Полученные результаты. Проводимый с 2002 г. мониторинг черноморских альговирюсов позволил изолировать из проб воды и гидробионтов из акватории Черного моря у побережья Севастополя свыше 200 вариантов новых для науки альговирюсов микроводорослей *T. viridis*, *D. viridis*, *P. tricorutum*, *P. pusilla*, *I. galbana* и нового для Черного моря альговирюса *E. huxleyi*. Черноморские альговирюсы по своим характеристикам были отнесены к семейству Phycodnaeviridae.

Установлено, что сезонность черноморских альговирюсов совпадает с сезонностью их хозяев, а результаты мониторинга свидетельствуют об изменениях в составе и численности фитопланктона.

Определено отсутствие строгой специфичности черноморских альговирюсов по отношению к хозяевам: для альговирюсов 4-х видов микроводорослей выявлен более широкий круг хозяев, что предоставляет им и большие возможности для существования и циркуляции в гидросфере.

Впервые в наших исследованиях альговирюсы были изолированы из клинического материала. Роль альговирюсов в патологии человека подтверждают работы и зарубежных коллег. Эти новые факты свидетельствуют в поддержку авторской гипотезы о циркуляции вирусюв между сушей и гидросферой.

Предварительный сравнительный анализ геномов черноморских и норвежского альговирюса *T. viridis* установил их различия и свидетельствовал как о сходстве с наиболее изученными представителями семейства Phycodnaviridae, так и об уникальности, выявляя космополитную комбинацию их генов.

Контакт альговирюсов с хозяевами был изучен на уровне теплопродукции и фотосинтеза с использованием приборов ВАМ и Тох У-РАМ. Было установлено, что вирусный лизис инфицированной культуры микроводорослей сопровождается снижением теплопродукции по сравнению с ее контрольным ростом и развитием. Зафиксировано снижение эффективности первичных процессов фотосинтеза (Fv/Fm) и уровня переменной флуоресценции (Fv) у инфицированных альговирюсом культур микроводоросли *T. viridis*, причем была отмечена более высокая чувствительность фотосинтетического аппарата к угнетающему действию альговирюса у беломорской культуры *T. viridis* по сравнению с черноморской.

Путем эксперимента было установлено, что контакт альговирюсов и продуктов распада НК, на примере тетрауклеотида CGCG, сопровождается снижением инфекционного титра в 100-10000, что можно рассматривать как регуляцию активной вирусной инфекции в природе, в результате чего останавливается процесс лизиса-разрушения хозяев-микроорганизмов. Наша гипотеза не противоречит, а дополняет концептуальную модель Wommack и Colwell контроля представителями виропланктона разнообразия сообществ хозяев вирусюв.

Экспериментально было определено, что мидии *M. galloprovincialis* утилизируют альговирюсы до 99% из водной среды, а также выполняют определенную роль в их циркуляции.

Выводы. Результаты выполненного мониторинга, изучения экологии и свойств новых для науки черноморских альговирюсов, а также их исследований в экспериментах представляют новые теоретические и практические знания, в т.ч. новые факты и гипотезы.

SEARCH, ISOLATION AND STUDY OF NEW MARINE VIRUSES OF MICROALGAE; NEW METHODS, FACTS AND HYPOTHESES

Stepanova O.A.

Federal State Budgetary Scientific Institution (FSBSI) "Institute of nature-technical systems",
Sevastopol, Russia

Abstract:

From 2002 to 2015 from samples of water and hydrobionts of the water area of the coast of Sevastopol were isolated more than 200 strains of algal viruses which were new for science and for the Black Sea ecosystem. According of their properties these viruses have been attributed to family Phycodnaviridae. Viruses were studied by classical methods and by never previously used methods and experiments. We revealed new facts and created new hypotheses.

Keywords:

algal viruses, microalgae, Black Sea, monitoring

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ КОНТАКТА АЛЬГОВИРУСОВ С МИДИЯМИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

Степанова О.А.

ФГБНУ "Институт природно-технических систем", г. Севастополь, Россия
e-mail: solar-ua@ya.ru

Абстракт:

Экспериментальным путем установлена утилизация альговирюсов из окружающей среды мидиями *Mytilus galloprovincialis* до 99%. Выявлено, что часть альговирюсов возвращается в окружающую среду с фекалиями, транспортируясь на дно, где может быть использована бентофагами или диффундировать обратно в пелагиаль. Использование не индикаторной культуры микроводоросли в экспериментах выявило роль псевдо фекалий в концентрации альговирюсов из воды, что ускоряло процесс их усвоения мидиями.

Ключевые слова:

альговирuсы, мидии *Mytilus galloprovincialis*, Черное море

Введение. О концентрации моллюсками патогенных вирусов из воды и дальнейшей очистки от них есть множество работ, однако исследований роли фильтрующих моллюсков в циркуляции морских вирусов, включая их концентрацию, утилизацию (усвоение в качестве органической составляющей микропланктона) и выведение с фекалиями с дальнейшим вероятным оседанием на дно, пока описано не было.

Целью работы было выполнение экспериментов, направленных на изучение утилизации черноморских альговирuсов мидией *Mytilus galloprovincialis*.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводили с использованием модели вода-альговирuсы-мидии-фекалии (опыт) и вода-мидии-фекалии (контроль). Было проведено около 20 экспериментов, продолжительность которых составляла от 1,5ч до 12 дней. В последних экспериментах использовали мидий-сеголеток (20-40мм) и вводили дополнительный элемент – не индикаторную для альговирuса культуру микроводоросли, что позволяло получать и изучать псевдо фекалии.

В качестве альговирuсов использовали суспензии вирусов микроводорослей *Tetraselmis viridis*, *Dunaliella viridis*, *Prorocentrum pusilla* и *Isochrysis galbana* из личной коллекции автора, изолированные при помощи запатентованных авторских методик. Культуры микроводорослей были получены из отдела экологической физиологии водорослей Института биологии южных морей им. А.О.Ковалевского.

Определение титра вирусов в пробах из экспериментов проводили на основе авторской методики и учитывали в инфекционных единицах/мл ($1 \text{ инф.ед} \geq 1 \text{ вирион}$).

Полученные результаты. Через 4-10 дней от начала эксперимента титр вирусов в воде снижался на 1-2 порядка, повышаясь на 1-2 порядка в мантийной жидкости.

Титр вирусов в фекалиях в конце эксперимента доходил до 10^6 в 1мл 10% взвеси, что при пересчете на общее количество веса фекалий соответствовало не более 4×10^4 вирусов. Количество выводимых с фекалиями вирусов составляло не более 2,2% от первоначального числа вирусов в системе.

Утилизацию вирусов мидиями, что соответствует усвоению вирусов, определяли по формуле:

$$(T_{вн} \cdot O_{в}) - (T_{вк} \cdot O_{в} + T_{м} \cdot O_{м} + T_{ф} \cdot V_{ф}),$$

где $T_{вн}$ и $T_{вк}$ - титр вируса в воде в начале и в конце опыта, $T_{м}$ – титр вируса в мантийной жидкости, $T_{ф}$ – титр вируса в 1г фекалий, $O_{в}$ – объем воды в мл, $O_{м}$ – общий объем мантийной жидкости в мл, $V_{ф}$ – вес фекалий в г.

Утилизация альговирuсов мидиями по данным экспериментов составляла 70–99% от первоначального количества вирусов в системе, причем эта величина зависела от продолжительности опыта и сложности морфологии вируса. Минимальную утилизацию (70%) наблюдали при использовании в эксперименте вируса *Isochrysis galbana*, который в отличие от других обладал суперкапсидом.

При использовании молодежи мидий и не индикаторной культуры микроводорослей уже через 2ч отмечалось снижение титра вирусов в воде на порядок, что позволило предположить роль питательного субстрата (не индикаторной микроводоросли) в ускорении утилизации вирусов. Значительное количество вирусов (до 17,5%) в начале эксперимента определялось в псевдофекалиях, наводя на мысль об их роли в снижении числа вирусов в воде в результате их удержания в вязкой консистенции псевдофекалий, что способствовало повторному попаданию в организм моллюсков-фильтраторов.

Выводы. Полученные в модельных экспериментах результаты выявили утилизацию альговирuсов черноморскими мидиями *M.galloprovincialis* из окружающей среды до 99%, причем эта величина зависела от продолжительности опыта и сложности морфологии вируса.

Было установлено, что часть альговирuсов возвращается в окружающую среду с фекалиями и транспортируется на дно, где может быть использована бентофагами или диффундировать обратно в пелагиаль.

Использование не индикаторной культуры микроводоросли в экспериментах приближало условия опыта к природе и выявило роль псевдофекалий в концентрации альговирuсов из воды, что ускорило процесс их усвоения мидиями.

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE CONTACT OF ALGAL VIRUSES WITH MUSSELS *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

Stepanova O.A.

Federal State Budgetary Scientific Institution (FSBSI) "Institute of nature-technical systems",
Sevastopol, Russia

Abstract:

By experimental way it was found utilization of algal viruses from the water by the mussels *Mytilus galloprovincialis* to 99 %, and this value depends on the duration of the experience and complexity of the morphology of the virus. It was revealed that part of algal viruses returned to the environment in the feces and transported to the bottom, where viruses can be used by benthos phages or can diffuse back into the pelagic. The use in the experiments of microalgae, that are non-specific for virus, indicated the role of pseudo feces in concentration of algal viruses from the water, and this action accelerated the process of utilization of viruses by mussels.

Keywords:

algal viruses, mussels *Mytilus galloprovincialis*, Black Sea

ВИРИОПЛАНКТОН ВЕРХОВОГО БОЛОТА ШИЧЕНГСКОЕ (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Стройнов Я.В., Филиппов Д.А.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, пос. Борок, Россия
e-mail: styarr@mail.ru

Абстракт:

На Шиченгском верховом болоте (Вологодская область) изучено обилие вириопланктона и его роль в смертности бактерий в трёх разнотипных болотных водоёмах (топь, мочажина, ручей). Несмотря на высокую численность, отношение количества вирусов и бактерий было очень низким. Вирусы не оказывали существенного прямого влияния на бактериопланктон, лизируя не более 7.8% бактериальной продукции.

Ключевые слова:

вириопланктон, бактериопланктон, бактериофаги, верховое болото.

Болотные экосистемы играют важную роль в поддержании устойчивости биосферы. Несмотря на активные исследования микробиоты, о роли вирусов в функционировании болотных экосистем известно крайне мало. Учитывая, что нам не удалось обнаружить публикаций, посвящённых вирусам в бореальных болотах, мы провели собственное исследование на модельном болоте с целью оценки количества вириопланктона и его роли в смертности гетеротрофных бактерий в разнотипных болотных водоёмах.

Пробы воды отбирались с июня по сентябрь 2012 г. на верховом болоте Шиченгское (Вологодская область) на трёх станциях (проточная топь, сфагновая мочажина, болотный ручей). Пробы отбирали в двух повторностях (в ручье – в четырёх). Планктонные бактерии и вирусы учитывали методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием флуорохромов DAPI и SYBR Gold, пробы воды [2; 4]. Для определения частоты инфицированных клеток и вирус-индуцированной смертности микроорганизмов использовали метод трансмиссионной электронной микроскопии [1].

Общая численность вирусов достигала (N_V) высоких значений (до 152×10^6 кл/мл в июне). Наибольшая средняя численность наблюдалась в мочажине (медиана= 27.8×10^6 кл/мл, CV=86), несколько меньшая – в топях (медиана= 23.3×10^6 кл/мл, CV=61), самая низкая в ручье (19.9×10^6 кл/мл, CV=86). Между численностью вирусов и бактерий наблюдалась сильная корреляция ($r=0.72$, $p<0.05$, $n=12$), тем не менее, характер сезонных изменений отличался. Наблюдалась сильная корреляция численности вирусов с содержанием нитратов ($R=0.81$, $p<0.05$, $n=12$) и умеренная корреляция с температурой ($R=0.62$, $p<0.05$, $n=12$). В среднем, по отношению количества вирусов к общей численности бактериопланктона (VBR) станции выстраиваются в порядке, обратном значениям N_V : очень низкие значения наблюдались в мочажине (медиана=1.3, CV=102) и в топи (медиана=1.6, CV=126), ручье соотношение вирусов и бактерий соответствовало значениям, регистрируемым в других водоёмах (медиана=5.1, CV=102).

В исследованный период наблюдалась очень низкая заражённость бактерий вирусами, (медиана=0.19-0.47%, CV=73-79). Самые низкие уровни инфекции наблюдались в ручье, где в июне и июле уровень инфекции был ниже пределов разрешения метода. Пики инфекции далеко не всегда соответствовали наибольшей численности свободных вирусов или высоким значениям VBR. Вирусы не оказывали существенного прямого влияния на бактериопланктон, лизируя не

более 7.8% бактериальной продукции. Поступление в воду органических веществ в результате лизиса бактерий вирусами было незначительным (медиана=0.3, CV=155 в ручье; медиана=4.7, CV=130 в топях; медиана=4.8, CV=93 в мочажинах).

Таким образом, в планктоне Шиченгского болота отмечалось количество вириопланктона, сравнимое с пелагическими пресными водоёмами, однако отношение числа вирусов к обилию бактериопланктона было крайне низким на двух из трёх исследованных станций. Общая численность вирусов в планктоне характеризовалась значительными колебаниями в период исследования. Заражённость бактерий вирусами была невелика, причём самых низких значений она достигала на станции ручей, где наблюдалось самое высокое значение VBR. В целом ситуация в планктоне Шиченгского болота напоминает парадокс инфективности, обнаруженный в бентосных сообществах, где при колоссальной концентрации бактерий и вирусов наблюдаются очень низкие уровни инфекции [4]. Такой низкий процент литической инфекции в Шиченгском болоте может объясняться тем, что, несмотря на большую численность, продукция бактериопланктона была очень низкой.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №14-04-32258 мол_а.

Список литературы:

1. Binder B. Reconsidering the relationship between virally induced bacterial mortality and frequency of infected cells // *Aquat. Microbial. Ecol.* 1999. Vol. 18. P. 207–215.
2. Noble R.T., Fuhrman J.A. Use of SYBR Green for rapid epifluorescence count of marine viruses and bacteria // *Aquat. Microb. Ecol.* 1998. Vol. 14. P. 113–118.
3. Porter K.G., Feig Y.S. The use DAPI for identifying and counting of aquatic microflora // *Limnol. Oceanogr.* 1980. Vol. 25. №5. P. 943–948.
4. Weinbauer M.G. Ecology of prokaryotic viruses // *FEMS Microbiol. Rev.* 2004. Vol. 28. P. 127–181.

VIRIOPLANKTON IN THE SHICHENSKOE RAISED BOG (VOLOGDA REGION, RUSSIA)

Stroynov Ya.V., Philippov D.A.

Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Russia

Abstract:

In the Shichenskoe raised bog (Vologda Region, Russia), abundance of virioplankton and its role in bacteria mortality in the three different-type mire water bodies (lagg, hollow, stream) were studied. Virus-to-bacterium ratios were very low despite big number of viruses. Viruses did not significantly influence the bacterioplankton lysing not more than 7.8% of bacteria.

Keywords:

virioplankton, bacterioplankton, bacteriophages, raised bog

ЧИСЛЕННОСТЬ И АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА Р. АМУР В ПЕРИОД ВЫСОКОЙ ВОДНОСТИ В 2013 ГОДУ

Стукова О.Ю.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия
e-mail: olgastukova1@rambler.ru*

Абстракт:

Рассматривается влияние высокой водности на численность микроорганизмов в микробиологических исследованиях. Используются изменения численности и активности микроорганизмов в качестве индикатора органических веществ разного строения и происхождения. Показаны изменения метаболической активности бактериопланктона, что отразилось на качестве воды в реке Амур.

Ключевые слова:

Бактериопланктон, ароматические углеводороды, река Амур, наводнение

Наводнение – природный процесс воздействия временного затопления территории, возникающие в результате разлива рек. Во время наводнения происходит самоочищение природных вод в результате разбавления концентрации загрязняющих веществ. Самоочищение в первую очередь зависит от скорости разложения аллохтонных органических веществ. В своих исследованиях многие авторы обращали внимание на изменения качества воды после прохождения наводнений на реках [3].

Для оценки состояния водных экосистем в мониторинге широко применяют химический и биологический методы, включая микробиологическую индикацию. Применение в качестве

биоиндикаторов микроорганизмов позволяют обнаруживать места скопления различного рода загрязнений в экологических системах; проследить динамику трансформации твердо стока, определить степень токсичности поллютантов для гидробионтов; составить экологический прогноз для экосистемы.

Цель работы – выявить потенциальную активность микробных комплексов, участвующих в самоочищении природных вод от поллютантов.

В микробиологических анализах использовались пробы воды, отобранные в бассейне реки Амур (летний и осенний периоды 2013 года) на различных участках реки.

Потенциальную способность микробных комплексов (МК) к трансформации ароматических углеводов (ПАУ) оценивали фотометрическим методом [1].

В модельном эксперименте при исследовании трансформации ПАУ культивирование проводили в жидкой минеральной среде М – 9 с внесением нафталина и фенантрена в концентрации 1 г/л [2].

Для биоиндикации загрязнения воды использовали численность фенолрезистентных бактерий (ФРБ), присутствующие в водной среде при загрязнении фенольными соединениями.

Согласно микробиологическим исследованиям численность ФРБ в воде, отобранной на участке реки Амур выше г. Хабаровска до железнодорожного моста постепенно снижалась в летний период 2013 года. Это может быть связано с поступлением трансформированных природных вод левобережных притоков свыше лежащих участков реки Амур.

В обследованной протоке Амурской численность ФРБ изменялась от 83 до 516 колониеобразующих единиц. Максимальное количество бактерий выявлено на середине и возле правого берега протоки, что может быть связано с поступлением сточных вод близлежащих населенных пунктов.

Согласно полученным экспериментальным данным трансформация нафталина происходила медленно с образованием цветных продуктов на 14 сутки. Активная трансформация нафталина МК отмечалась в пробах воды, отобранных ниже ж/д моста возле правого и левого берега, а также в основном русле реки Амур. В результате трансформации ПАУ образовались водорастворимые продукты, оказывающие токсическое воздействие на рост бактерий.

В модельных условиях при культивировании бактериопланктона на фенантрена, также отмечалось интенсивное образование цветных продуктов. Это связано с поступлением и осаждением взвесей возле берегов.

В экспериментальных исследованиях, проведенных в осенний период, установлено, что активность бактериопланктона возросла на порядок выше на нафталине и в 1,5 раза на фенантрена на некоторых участках реки Амур. Это связано с поступлением органических веществ в результате размывов берегов, затопления пойменных участков. Известно, что стойкие органические вещества длительное время сохраняются в окружающей среде, постепенно подвергаясь трансформации, переходя водную среду в виде водорастворимых продуктов, оказывая пролонгированное действие на гидробионтов. Вероятнее всего гуминовые вещества, поступившие в воду с поверхностным стоком во время наводнения.

Таким образом, проведенные исследования на реке Амур показали, что метаболическая активность МК существенно изменялась, что отразилось на качестве воды в реке. В условиях высокой водности функционирование микробоценозов обеспечивалась за счет, поступивших органических веществ различного строения водную среду. В дальнейшем прогнозируется экологический риск вторичного загрязнения водорастворимыми продуктами, что приведет к снижению биоразнообразия и отразится на качестве среды обитания гидробионтов.

Список литературы:

1. Инкина Г.А. Гетеротрофная активность бактериопланктона как показатель самоочистительной способности вод // Экологические аспекты водной микробиологии. Новосибирск: Наука. 1984. С. 99-103.
2. Кондратьева Л.М., Фишер Н.К., Стукова О.Ю., Золотухина Г.Ф. Загрязнение р. Амур полиароматическими углеводородами // Вестник ДВО. 2007. №4. С. 17-26.
3. Anesio A.M., Abreu P.C., Esteves F.D. Influence of the hydrological cycle on the bacterioplankton of impacted clear water Amazonian lake // Microb. Ecol. 1997. Vol. 34 P. 66-73.

THE NUMBER AND ACTIVITY OF BACTERIAL RIVER AMUR IN THE PERIOD OF HIGH WATER LEVEL IN 2013 YEAR

Stukova O.Yu.

Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

e-mail: olgastukova1@rambler.ru

Abstract:

The influence of the high water levels on the abundance of microorganisms in microbiological studies was considered. It was used in the number of microorganisms as indicator of organic substances availability. It was shown significant changes of bacterial metabolic activity that impact on the quality of water in the River Amur.

Key words:

Bacterioplankton, aromatic hydrocarbons, River Amur, flood

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ШТАММОВ ИЗ БИОПЛЕНОК ТВЕРДЫХ СУБСТРАТОВ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Суханова Е.В., Штыкова Ю.Р.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

e-mail: sukhanova@lin.irk.ru

Абстракт:

Микроорганизмы, выделенные из биопленок, сформированных на твердых субстратах каменистой литоральной зоны оз. Байкал, обладали множественной ферментативной активностью. Продукция и активность ферментов бактерий, выделенных из биопленки, не зависит от типа субстрата. Представители филума Proteobacteria (*Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp.) проявили высокую активность в продукции внеклеточных ферментов.

Ключевые слова:

микроорганизмы, биопленки, внеклеточные ферменты, озеро Байкал.

Исследования микробных сообществ биопленок на твердых субстратах литоральной зоны оз. Байкал проводятся с 2006 года. Результаты исследований показали, что микробиота биопленок представлена высокой численностью, состоит из большого разнообразия групп микроорганизмов, а биохимическая активность и распределение различных групп бактерий зависят от минералогического состава горных пород (Парфенова и др., 2008; Мальник, 2010).

В данной работе использован более широкий спектр горных пород и минералов, которые экспонировали в литоральной зоне в течение года в естественных условиях озера (2011-2012 гг.). При исследовании разнообразия и численности гетеротрофных микроорганизмов из биопленок была получена коллекция из 205 штаммов (Штыкова и др., 2013). Целью данной работы стало протестировать коллекцию микроорганизмов на ферментативную активность. Штаммы анализировали на продукцию следующих ферментов: фосфатазы, протеазы, амилазы и липазы (Егорова, 1976; Родина, 1965).

Из 172 исследованных культур 166 обладали той или иной ферментативной активностью, что составило 96,4%. Из них 34,5% проявили активность по всем четырем исследуемым ферментам, 29,8% - по трем, 17,3% - по двум, и 14,9% обладали только одним из четырех исследуемых ферментов. Процент неактивных штаммов составил 3,6%.

Все штаммы, выделенные из биопленок природного камня, и пластин из кварца, мрамора, уррита и слюды, продуцировали не менее одного из исследованных ферментов. Среди бактерий, выделенных из биопленок, с таких субстратов как габбро, гранит и сталь, доля неактивных по всем исследуемым ферментам составила 9,5, 4,8 и 8,1%, соответственно.

Более 50% штаммов, изолированных со всех субстратов, проявили множественную ферментативную активность. Показано, что независимо от горной породы в течение года образуется биопленка, в составе которой обнаружены бактерии, способные участвовать в активной деструкции различных органических соединений (таблица).

Наиболее часто отмечены микроорганизмы, обладающие амилолитическими и протеолитическими ферментами, показатели встречаемости составили 79,8 и 76,1%, соответственно (таблица). Штаммы, продуцирующие липолитические ферменты и фосфатазы, составили 60,7 и 60,1%, соответственно (соотношение составило 1,3:1,3:1:1).

Микроорганизмы филумов Proteobacteria (15 родов), Firmicutes (4 рода) и Bacteroidetes (2 рода) продуцировали не менее одного из исследованных ферментов. Максимальную долю

штаммов активных по всем исследуемым ферментам составили представители филума Proteobacteria (56,4%). Так, у них обнаружена липаза, доля которых составила 73,7%; фосфатаза – 67%; протеаза – 59,3%; амилаза – 57%. Процент встречаемости ферментативно неактивных штаммов для представителей филума Actinobacteria (12 родов) составил 18,8%, а продуцирующие один фермент, составили более половины (56,3%). Таким образом, в биопленках твердых субстратов в основном более активно участвуют в деструкции органических веществ представители филумов Proteobacteria (*Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp.), Firmicutes (*Bacillus* spp.) и Bacteroidetes (*Flavobacterium* spp.).

Таблица

Встречаемость ферментативно активных штаммов на различных субстратах, %

Субстрат	Амилаза	Протеаза	Липаза	Фосфатаза	Количество штаммов	Протестированные штаммы
природный камень	86,2	86,2	75,9	48,3	33	29
сталь	81,1	75,7	54,1	67,6	46	39
уртит	94,7	73,7	47,4	63,2	22	19
габбро	71,4*	71,4	66,7	47,6	25	21
слюда	82,4	70,6	64,7	82,4	22	17
мрамор	87,5	62,5	50	62,5	9	8
гранит	66,7	81	52,4	52,4	27	22
кварц	68,8	75	68,8	62,5	21	17
всего	79,8**	76,1	60,7	60,1	205	172

Таким образом, большинство штаммов выделенных из биопленок твердых субстратов литоральной зоны оз. Байкал, обладают множественной ферментативной активностью. Продукция и активность ферментов бактерий, выделенных из биопленки, не зависит от типа субстрата. Показано, что представители филума Proteobacteria (*Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp.) являются наиболее активными продуцентами внеклеточных ферментов в составе биопленок.

Примечание: *расчет встречаемости штаммов с той или иной ферментативной активностью из биопленки определенного субстрата проводили от общего количества штаммов, выделенных из биопленки того же субстрата; **расчет общей встречаемости штаммов с той или иной ферментативной активностью проводили от общего количества штаммов, выделенных из биопленок всех субстратов.

Работа поддержана Бюджетным проектом ЛИИ СО РАН VI.55.1.3.

ENZYMATIC ACTIVITY OF HETEROTROPHIC STRAINS FROM BIOFILMS SOLID SUBSTRAT ELITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL

Sukhanova E.V., Shtykova Y.R.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

e-mail: sukhanova@lin.irk.ru

Abstract:

Microorganisms isolated from biofilms formed on solid substrates rocky intertidal zone of the lake. Baikal, have multiple enzymatic activity. The products and activity of enzymes of bacteria isolated from the biofilm is not dependent on the type of substrate. Representatives phylum Proteobacteria (*Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp.) showed good activity in the production of extracellular enzymes.

Keywords:

Microorganisms, biofilms, extracellular enzymes, Lake Baikal

ГЕНОМЫ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХ НОВЫХ БАКТЕРИОФАГОВ *Pseudomonas aeruginosa* СЕМЕЙСТВА Siphoviridae ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Сыкилинда Н.Н.¹, Горшкова А.С.², Бондарь А.А.³, Кабилов М.Р.³, Кадыков В.А.¹,
Курочкина Л.П.¹, Месянжинов В.В.¹, Дрюккер В.В.², Мирошников К.А.¹

¹Институт биоорганической химии им. акад. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, г. Москва, Россия; ²Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия; ³ЦКП "Геномика" СО РАН, Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, г. Новосибирск, Россия;
e-mail: sykilinda@mail.ru

Абстракт:

Определены полные нуклеотидные последовательности двух новых бактериофагов *P. aeruginosa*, относящихся к семейству Siphoviridae. Двухцепочечная ДНК фага MD8 содержит 43275 п.н. и кодирует 68 открытых рамок считывания (ОРС). Размер генома фага AN14 составляет 60973 п.н. и кодирует 77 ОРС.

Ключевые слова:

бактериофаг, Siphoviridae, *Pseudomonas aeruginosa*, геном.

Вирусы бактерий (бактериофаги) – самые многочисленные биологические объекты водных экосистем, участвующие в контроле численности, многообразия и эволюции микроорганизмов. Исследования вирусов в образцах воды Байкала с помощью трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) выявили их высокое таксономическое разнообразие. Установлено, что для глубоководной олиготрофной экосистемы Байкала, как и для большинства других водных экосистем, доминирующим семейством всей водной толщи являются бактериофаги семейства Siphoviridae. В последнее десятилетие достигнуты значительные успехи в геномных исследованиях вирусов. Однако фаги Siphoviridae, несмотря на их повсеместное распространение, остаются мало изученными. Цель данной работы – изучение геномов бактериофагов *P. aeruginosa* семейства Siphoviridae. Псевдомонады, широко представленные в микробном сообществе Байкала, принимают активное участие в процессах деградации самых различных органических веществ. К настоящему времени в международной базе данных GenBank представлены нуклеотидные последовательности около 30 бактериофагов *P. aeruginosa*. Из имеющейся у нас коллекции байкальских бактериофагов для определения полной геномной последовательности были выбраны два фага семейства Siphoviridae: MD8 и AN14. Бактериофаги наращивали из отдельных негативных колоний в жидкой среде LB, используя лабораторный штамм PAO1 *P. aeruginosa*. Для выделения ДНК фаги концентрировали в присутствии ПЭГ8000 и чистили в градиенте концентраций хлористого цезия. ДНК из очищенных препаратов фагов выделяли с помощью наборов для выделения геномной ДНК (IsolateII). Библиотеки геномных ДНК фагов готовили с использованием наборов Nextera (Illumina) и секвенировали с помощью секвенатора MiSeq (Illumina). Для сборки генома использовали пакет программ CLCGW 6.0 software (CLCBio). Потенциальные открытые рамки считывания идентифицировали с помощью программ GeneMarkHMM (<http://opal.biology.gatech.edu/GeneMark>) и BASYS (<http://wishart.biology.ualberta.ca/basys/>) с последующим анализом результатов. Для предсказания предполагаемых функций ОРС использовали BLAST (NCBI) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/Blast.cgi>) и HHpred (<http://toolkit.tuebingen.mpg.de/hhpred>). Для поиска генов tRNA использовали программы ARAGORN (<http://130.235.46.10/ARAGORN/>) и tRNAscan-SE (<http://lowelab.ucsu.edu/tRNAscan-SE>).

Определены полные нуклеотидные последовательности выделенных нами байкальских бактериофагов MD8 и AN14 *P. aeruginosa* семейства Siphoviridae. Небольшой умеренный бактериофаг MD8 имеет правильную икосаэдрическую головку и гибкий несократимый хвост. Геном этого фага представлен линейной двухцепочечной ДНК из 43275 п.н., в котором закодировано 68 ОРС. Среди них идентифицированы белки, ответственные за узнавание рецепторов и деградацию клеточных стенок, а также участвующие в формировании хвоста и в упаковке ДНК. Геном фага содержит кластер из не менее 10 генов, который регулирует переход фага от лизогенного состояния к литическому и наоборот. Фаг MD8 имеет около 60% гомологии с неклассифицированным бактериофагом F10 *P. aeruginosa*, геном которого представлен в GenBank. Умеренные фаги *P. aeruginosa*, подобные фагу MD8 по морфологии и белковому паттерну вирусных частиц, были неоднократно выделены нами из образцов воды, взятых из разных регионов олиготрофного озера Байкал, и являлись доминирующими. Вероятно, наличие у фага

кластера генов, активность которых зависит от состояния биопленки, химических и физических факторов, определяет его экологическую значимость.

Вирулентный бактериофаг AN14 *P. aeruginosa*, выделенный в районе Селенги, имеет вытянутую головку и гибкий несократимый хвост. Геном этого фага представлен кольцевой двухцепочечной ДНК, состоящей из 60973 п.н., кодирующей 77 ОРС. Идентифицированы гены, кодирующие структурные белки хвоста, а также белки, участвующие в деградации клеточных стенок и в метаболизме нуклеотидов. Геном содержит ген урацил ДНК гликозилазы. По результатам биоинформационного анализа бактериофаг AN14 имеет значительную гомологию как по составу ДНК, так и по белкам с группой YuA-подобных фагов (фаги YuA и M6), а также с неклассифицированным фагом MP1412 *P. aeruginosa*.

Полученные результаты дополняют международную базу данных нуклеотидных последовательностей GenBank и окажутся полезными не только для расширения наших представлений о роли фагов в экологии и эволюции, но и могут быть использованы на практике с целью получения новых рекомбинантных белков для молекулярной биологии и медицины.

Работа поддержана грантами РФФИ № 15-04-07995 (К.А. Мирошников) и РФФИ-Сибирь №14-45-04013 (В.В. Дрюккер).

GENOMES AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TWO NEW *Pseudomonas aeruginosa* BACTERIOPHAGES OF THE Siphoviridae FAMILY FROM LAKE BAIKAL

Sykilinda N.N.¹, Gorshkova A.S.², Bondar A.A.³, Kabilov M.R.³, Kadykov V.A.¹, Kurochkina L.P.¹, Mesyanzhinov V.V.¹, Drucker V.V.², Miroshnikov K.A.¹

¹ M.M. Shemyakin and Yu.A. Ovchinnikov Institute of bioorganic chemistry RAS, Moscow, Russia;

² Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia;

³ SB RAS Genomics Core Facility, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia
e-mail: sykilinda@mail.ru

Abstract:

We have identified complete nucleotide sequences of two new *P. aeruginosa* bacteriophages related to the Siphoviridae family. The two-stranded DNA of the phage MD8 contains 43275 bp and encodes 68 open reading frames (ORF). The genome size of the phage AN14 is 60973 bp, and it encodes 77 OPRs.

Keywords: bacteriophage, Siphoviridae, *Pseudomonas aeruginosa*, genome.

БАКТЕРИОФАГИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ

Филиппова С.Н.¹, Сургучева Н.А.¹, Акимов В.Н.^{1,2}, Сорокин В.В.¹, Складнев Д.А.¹, Карнышева Э.А.³, Брушков А.В.³, Гальченко В.Ф.¹

¹ Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, г. Москва, Россия

² Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН, Пушино, Россия

³ Московский госуниверситет им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, г. Москва, Россия

e-mail: svfilipova@mail.ru

Абстракт:

Исследованы водная толща ультраолиготрофного, постоянно покрытого льдом озера Унтерзее (Антарктида), ледяная толща древнего повторно-жильного льда и вода сборного водоема цирка вытаивания ледяной жилы из обнажения Мамонтовой горы (р. Алдан, Центральная Якутия) на предмет наличия и разнообразия вирусов микроорганизмов (бактериофагов). Наибольшее морфологическое разнообразие бактериофагов отмечено в кислородсодержащей водной толще оз. Унтерзее в области хемоклина (70-76 м) и в сероводородсодержащей толще на глубине 85 м. Электронно-микроскопически бактериофаги выявлены непосредственно в образцах льда Мамонтовой горы и водных пробах водоема вытаивания ледяной жилы, а также в клетках и лизатах фагочувствительных бактерий, выделенных из этих же образцов.

Ключевые слова:

бактериофаги, лизогения, повторно-жильные льды, оз. Унтерзее

Вирусы микроорганизмов (бактериофаги) – неотъемлемая часть микробных сообществ экосистем Земли. Бактериофаги играют ключевую роль в регуляции численности и состава микробных сообществ подледных олиготрофных антарктических озер с крайне низким

содержанием питательных веществ. В отличие от водных экосистем данные об обнаружении вирусных частиц в породах вечной мерзлоты полярных регионов носят единичный характер. Общим признаком полярных экосистем, является высокая степень вирусного инфицирования бактериальных сообществ. Эта особенность вирусной составляющей играет, по-видимому, ключевую роль в стратегии выживания микроорганизмов в экстремально низкотемпературных условиях.

Целью настоящего исследования явилось изучение разнообразия бактериофагов в экстремальных низкотемпературных системах Арктики и Антарктики.

Объектами исследования были пробы воды подледного озера Унтерзее (Антарктида), отобранные в ходе экспедиционных работ 2011 и 2012 гг., а также образцы повторно-жильного льда из обнажения Мамонтовой горы (Центральная Якутия), возраст которого составлял 25- 40 тыс. лет и водные пробы водоема цирка вытаивания древней ледяной жилы. Пробы воды озера Унтерзее отбирали по профилю глубины водной толщи с 4–98 м. С места отбора пробы озерной воды, а также водные пробы термокарстового водоема транспортировали в термоизоляционных контейнерах и до проведения экспериментов хранили при температуре +5°C. Транспортировка образцов льда с места отбора осуществлялась в термоконтейнерах с хладагентами в мерзлом состоянии. Образцы льда до проведения экспериментов хранили при температуре -20°C. Препараты водных проб и талого льда, а также ультратонкие срезы клеток бактерий-носителей фаговых частиц исследовались методом трансмиссионной электронной микроскопии (JEM-100СХП, JEOL, Япония). Для выявления бактериофагов в качестве объектов исследования служили также колонии аэробных, гетеротрофных бактерий, полученные в посевах образцов воды и талого жильного льда.

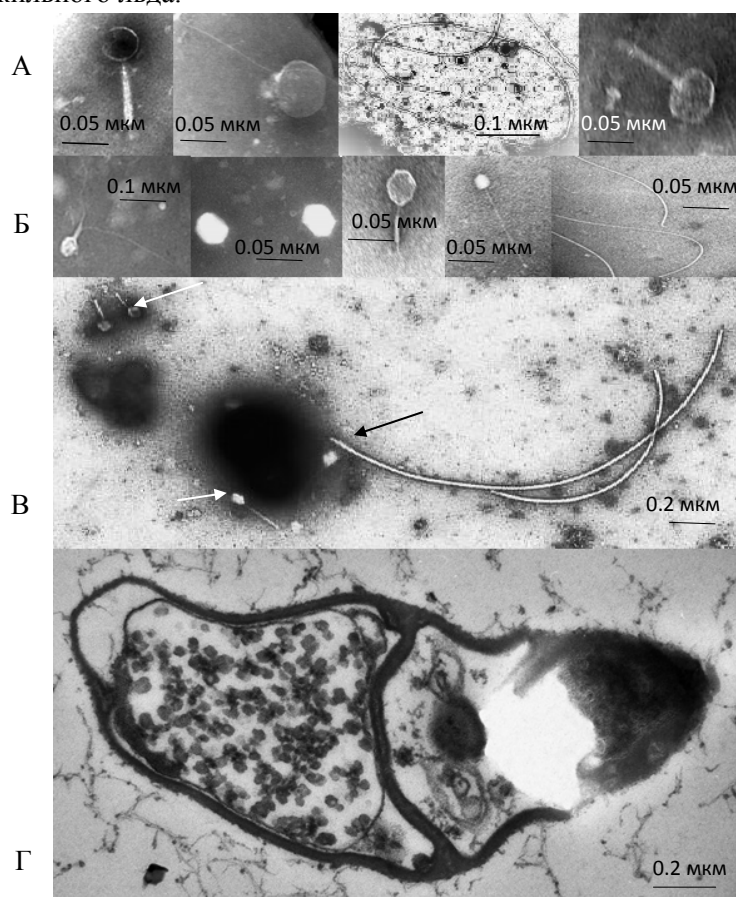


Рис. Морфологическое разнообразие бактериофагов в низкотемпературных системах: А. экосистема оз.

Унтерзее; Б. толща древнего повторно-жильного льда Мамонтовой горы. В. Фрагмент вирусного сообщества сборного водоема вытаивания на Мамонтовой горе. Стрелками указаны различные морфотипы вирусов. Г. Срез клетки актинобактерии *Serinibacter* sp. КЗ-2 с внутриклеточным фагом

Наибольшее морфологическое разнообразие бактериофагов выявлено в кислородсодержащей водной толще оз.Унтерзее в области хемоклина (70-76 м) и сероводородсодержащей толще (85 м). Разнообразие морфотипов бактериофагов выявлено в талых образцах жильного льда и водных пробах термокарстового водоема. Из водной толщи оз.Унтерзее, а также образцов древнего повторно-жильного льда получены изоляты

фагочувствительных бактерий, из клеток которых выделены нитчатые бактериофаги. По характеру взаимодействия с бактериями нитчатые фаги относятся к фагам умеренного (лизогенного) типа. Из водных проб термокарстового водоема выделен изолят актинобактерии *Serinibacter* sp. K3-2, в клетках которой обнаружены частицы фага икосаэдрической формы. Результаты обнаружения умеренных фагов различной морфологии в исследованных образцах, а также в клетках и лизатах бактериальных изолятов свидетельствуют о распространении лизогении в микробных сообществах низкотемпературных экосистем (рисунок).

Выводы

1. Получены первые экспериментальные данные о морфологическом разнообразии вирусной составляющей водной толщи оз. Унтерзее (Восточная Антарктида), а также древнего повторно-жильного льда и водоема вытаявания ледяной жилы из обнажения Мамонтовой горы (Центральная Якутия).
2. Выделены изоляты нитчатых фагов из клеток фагочувствительных бактерий, изолированных из водных образцов антарктического оз. Унтерзее и древнего жильного льда Якутии.
3. Обнаружены умеренные фаги различных морфологических групп в клетках и лизатах бактериальных изолятов, выделенных из исследованных образцов.

BACTERIOPHAGES IN LOW TEMPERATURE SYSTEMS OF ARCTIC AND ANTARCTICA

Filippova S.N.¹, Surgucheva N.A.¹, Akimov V.N.², Sorokin V.V.¹, Skladnev D.A.¹, Karnysheva E.A.³,
Brushkov A.V.³, Gal'chenko V. F.¹

¹*Winogradsky Institute of Microbiology of the RAS, Moscow, Russia*

²*Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms (IBPM RAS), Puschino, Russia*

³*Faculty of Geology, Moscow State University, Moscow, Russia*

Abstract:

Electron microscopic investigation of the samples taken from Lake Untersee (Antarctica), samples of ancient ice wedge of Mamontova Gora (Yakutiya, Russia) and water samples from reservoir formed by melting of relict ice wedge of Mamontova Gora revealed high diversity of viral particles. The greatest variety of virioplankton is noted in the oxygenic hemoclin at the depth 70-76 m and in the anoxic hypolimnion at the 85 m of the lake Untersee. Temperate (lysogenic) bacteriophages were detected in the cells and filtrates of the phage-sensitive cultures of the bacteria isolates from all investigated samples.

Keywords: bacteriophages, lysogeny, ice wedge, lake Untersee

БАКТЕРИОБЕНТОС ОЗЕРА КАНДРЫ-КУЛЬ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)

Шерышева Н.Г.¹, Ракитина Т.А.¹, Поветкина Л.П.¹, Осипов Г.А.²

¹*Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия*

²*Академическая группа Академика РАН Ю.Ф. Исакова*

при ИЦ ССХ им. А.Н.Бакулева, г. Москва, Россия

e-mail: sapfir-sherry@yandex.ru

Абстракт:

Представлены первые результаты исследования бактериобентоса озера Кандры-Куль. Определены численность и биомасса бактерий в разных типах донных отложений озера. Выявлены таксономический состав, особенности доминантной структуры литорального и пелагического бактериобентосных сообществ.

Ключевые слова:

бактериобентос, численность, биомасса, таксономический состав

Озеро Кандры-Куль – второй по величине водоем республики Башкортостан, региональный памятник природы; в настоящее время имеет научное, природоохранное, хозяйственное, эстетическое и рекреационное значение. Экспедицией ИЭВБ РАН проведены комплексные исследования трофического статуса озера по гидрохимическим и гидробиологическим данным. Сведения о бактериальном донном населении на момент исследования отсутствовали. Цель работы – изучение количественных характеристик и таксономического состава бактериобентоса озера Кандры-Куль.

Исследования проводились в мае-сентябре 2010 и 2012 гг. на 24-х станциях, расположенных по всей акватории водоема. Пробы донных отложений отбирали с поверхностных горизонтов (0-5 см) лотом (объем захвата 100 см³). Идентификацию типов донных отложений проводили на основе гранулометрического анализа. Определение общей численности бактериобентоса определяли

эпифлуоресцентным методом с использованием флуоресцеинизотиоционата [2]. Для изучения таксономического состава применяли метод газовой хроматографии – масс-спектрометрии (ГХ-МС) [1].

Общая численность бактериобентоса на исследованных биотопах с мая по сентябрь 2012 г. изменялась в пределах от $1,82 \times 10^9$ до $11,8 \times 10^9$ кл/мл влажного ила. Различия численности бактерий обусловлены неоднородностью донных отложений, характерной для экосистемы озера. Микробиологические процессы активно протекали в серых и черных маслянистых пелитовых профундальных илах, о чем свидетельствует высокая численность в них бактерий, в среднем – $6,47 \pm 0,89 \times 10^9$ кл/мл. Максимальных значений численность бактериобентоса достигала в тонкодисперсных черных и в сероводородных илах, обогащенных органическим веществом – $9,19 \pm 2,76 \times 10^9$ кл/мл на южном и западном берегу. Обедненные биогенными веществами пески северного побережья содержали минимальное количество бактерий – $2,83 \pm 0,49 \times 10^9$ кл/мл. Численность бактерий в серых и песчаных илах занимала промежуточные значения и изменялась от $4,88 \pm 0,82$ до $5,30 \pm 0,87 \times 10^9$ кл/мл. Биомасса бактерий в период исследования изменялась от 120 до 1200 мкг/мл влажного ила. Так же как и для численности, минимальные значения биомассы наблюдались в мелкозернистых песках, максимальные – в тонкодисперсных серых и черных илах. Пространственное распределение биомассы бактериобентоса повторяло распределение общей численности с небольшими различиями, обусловленными изменениями объема бактериальных клеток.

Методом ГХ-МС определен таксономический состав и численность бактериобентоса на литоральном и пелагическом биотопах водоема в июне и сентябре 2010 г. Бактериобентосное сообщество, представлено бактериями, относящимися к 34 родам: *Acetobacter*, *Acetobacterium*, *Actinomadura*, *Aeromonas*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Bacteroides*, *Burkholderia*, *Butyrivibrio*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Chlamydia*, *Corynebacterium*, *Cytophaga/Flexibacter*, *Desulfotomaculum*, *Desulfovibrio*, *Eubacterium*, *Geothrix*, *Hydrogenophaga*, *Methylococcus*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Nitrobacter*, *Nocardia*, *Propionibacterium*, *Pseudomonas*, *Pseudonocardia*, *Rhodococcus*, *Spirochaeta*, *Sphaerotilus*, *Streptomyces*, *Staphylococcus*, *Xanthomonas* и одному семейству *Enterobacteriaceae*. Обнаружены цианобактерии рр. *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis* и жирно-кислотные маркеры железоредукторов FeRed (Турова), FeRB Lovley, FeRed KM-2 (Лебедева). На литоральном биотопе доминировали рр. *Butyrivibrio*, *Desulfotomaculum*, FeRB Lovley, *Acetobacterium*, *Spirochaeta* "М", на пелагическом – *Butyrivibrio* и FeRB Lovley. Литоральный бактериальный комплекс увеличивал свою численность от $2,6 \times 10^8$ кл/г в июне до $3,9 \times 10^8$ кл/г в сентябре, пелагический, напротив, снижал от $2,4 \times 10^8$ кл/г до $1,7 \times 10^8$ кл/г.

Таким образом, общая численность и биомасса бактериобентоса определяется морфотипами донных отложений оз. Кандры-Куль и увеличивается от песчаных осадков к тонкодисперсным илам. Доминанты литорального биотопа отличаются большим родовым разнообразием по сравнению с пелагическим. В течение летне-осеннего сезона происходит перестройка доминантной структуры бактериобентосного сообщества, обусловленная изменением численности таксономического состава бактерий.

Список литературы:

1. Верховцева Н.В., Осипов Г.А. Метод газовой хроматографии-масс-спектрометрии в изучении микробных сообществ почв агроценоза // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. № 1. С. 51-54.
2. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии. М.: ГЕОС, 2001. 500 с.

BENTHIC BACTERIAL COMMUNITY OF LAKE KANDRY-KUL (BASHKORTOSTAN)

Sherysheva N.G.¹, Rokitina T.A.¹, Povetkina L.P.¹, Osipov G.A.²

¹ Institute of Ecology of the Volga River basin of the RAS, Togliatti, Russia

² Group of Academician Y.F. Isakov, Bakoulev Center for Cardiovascular Surgery,
Academy of Medical Sciences, Moscow, Russia

e-mail: sapfir-sherry@yandex.ru

Abstract:

Here we report the first data on benthic bacterial community of lake Kandry-Kul. Abundance and biomass of bacteria were determined in different types of bottom sediments of the lake. Taxonomic composition and specific features of the dominant structure of the littoral and pelagic bacterial communities were identified.

Keywords:

benthic bacterial community, bacterial abundance, biomass, taxonomic composition.

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ВНУТРИГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

Шорникова Е.А., Мордвинцева А.Ю., Мороз А.Ф., Шавелько А.О.

Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия

e-mail: cariscin72@mail.ru

Абстракт:

Представлены результаты микробиологического мониторинга водных объектов на территории населенных пунктов Среднего Приобья за период 2003-2014 гг. В структуре микробных сообществ изучали численность бактерий различных эколого-трофических групп. Выявлены характерные особенности, которые могут быть использованы в качестве индикаторов антропогенной нагрузки – присутствие бактерий группы кишечной палочки в высоком титре, низкие коэффициенты самоочищения, полирезистентность культур бактерий к антибиотикам.

Ключевые слова:

рекреационное водопользование, микробиологический мониторинг, индикаторы антропогенной нагрузки, фекальное загрязнение, резистентность к антибиотикам.

На территории Среднего Приобья остро стоит вопрос организации рекреационного водопользования, поскольку водные объекты в черте населенных пунктов не выполняют своих эстетических и культурно-бытовых функций. В то же время, многие водные объекты или их участки являются ядром в системе городских парковых зон. Кроме того, в населенных пунктах реализуется и санитарная функция водоемов – они являются приемниками сточных вод, сбрасываемых как организованно после очистки, так и не организованно, стихийно. В результате в водоемах на территории населенных пунктов формируются специфические участки водных экосистем с особым гидрологическим, гидрохимическим режимом и структурой микробного сообщества.

Цель настоящего исследования: характеристика структуры микробных сообществ внутригородских водоемов на территории города Сургута, а также городских и сельских поселений Сургутского района. Исследования проводились в 2003-2014 гг. на водных объектах на территории городских парков «За Саймой», «Кедровый лог» (город Сургут), а также притоках и протоках Оби в черте населенных пунктов. В структуре микробных сообществ исследовали численность сапрофитных бактерий (МПА), бактерий группы кишечной палочки (среда Эндо), бактерий, потребляющих аммонийный азот и полимерные субстраты (крахмало-аммиачный агар), фенолусваивающие бактерии (среда Столбунова), углеводородокисляющие бактерии (среда Диановой-Ворошиловой). Характерные культуры бактерий выделяли на скошенный агар, окрашивали по Граму, микроскопировали, определяли чувствительность к антибиотикам методом диффузии в агар (среда АГВ) с использованием дисков. Параллельно с микробиологическими исследованиями оценивали качество воды по показателям химического состава.

На всех участках отбора проб наблюдался дефицит растворенного кислорода, приоритетными загрязняющими веществами являлись биогенные ионы (фосфаты, аммоний), АПАВ. Численность сапрофитных бактерий в пробах воды составила 3,7-76,9 тыс.кл./см³; бактерий, потребляющих полимерные соединения и аммонийный азот (БПН) 3,2-11,5 тыс. кл./см³, бактерий группы кишечной палочки (БГКП) 1,0-9,5 тыс. кл./см³. Значительная доля БГКП в составе общего количества бактерий является показателем его фекального загрязнения и, следовательно, эпидемиологического неблагополучия. Численность фенолусваивающих и углеводородокисляющих бактерий была стабильно низкой.

В выделенных культурах преобладали Г+ и палочковидные формы бактерий, что свидетельствует о большом количестве труднорастворимого органического вещества. Большинство водных объектов характеризовались коэффициентами самоочищения меньше единицы, что является следствием малой доли БПН в структуре микробного сообщества и свидетельствует о накоплении трудноминерализуемых промежуточных продуктов деструкции органического вещества и низкой интенсивности самоочищения.

Выделенные культуры бактерий проявили резистентность к антибиотикам, достаточно часто наблюдалась полирезистентность к нескольким антибактериальным препаратам (цефтриаксон, офлоксацин, ампицилин, тобрамицин, полимиксин). Устойчивость наблюдалась преимущественно к антибиотикам, ингибирующим синтез клеточной стенки.

MICROBIAL COMMUNITIES OF INTRACITY RESERVOIRS IN MIDDLE PRIOBYE

Shornikova E.A., Mordvintseva A.Yu., Moroz A.F., Shavelko A.O.

Surgut state university, Surgut, Russia

e-mail: capucin72@mail.ru

Abstract:

Results of microbiological monitoring of water bodies in the territory of settlements in Middle Priobye during 2003-2014 are presented. In structure of microbial communities the number of bacteria of various ecologo-trophic groups is studied. Characteristics which can be used as indicators of anthropogenous loading – high number of colibacillus, low coefficients of self-cleaning, polyresistance of cultures of bacteria to antibiotics are revealed.

Keywords:

recreational water use, microbiological monitoring, indicators of anthropogenous loading, fecal pollution, resistance to antibiotics.

РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДОЕМОВ АРИДНЫХ ЗОН

Яценко-Степанова Т. Н., Немцева Н. В., Игнатенко М. Е.

Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, г. Оренбург, Россия

e-mail: yacenkostn@gmail.com

Абстракт:

Установлено, что флора автотрофных микроорганизмов исследованных пресных водоемов включает 1131 видов, разновидностей и форм, относящихся к 230 родам, 89 семействам, 33 порядкам, 15 классам, 11 отделам. В минерализованных водоемах автотрофные микроорганизмы представлены 177 таксонами рангом ниже рода. Показана зависимость видового богатства от уровня минерализации.

Ключевые слова:

автотрофные микроорганизмы, пресные и минерализованные водоемы

Аридная зона характеризуется сухим климатом с высокими температурами воздуха и малым количеством атмосферных осадков. В этих условиях важным фактором развития регионов становятся поверхностные воды, поэтому на их изучение нацелено особое внимание. В зоне аридного климата расположены Оренбургская и Волгоградская области, на территории которых были исследованы пресные, солоноватоводные, соленые и гиперсоленые водоемы. Целью работы послужило выявление видового состава автотрофных микроорганизмов водоемов как с точки зрения инвентаризации биологического разнообразия, так и их эффективного использования и охраны. Сбор и обработка проб проводились по стандартным методикам.

В результате было установлено, что флора автотрофных микроорганизмов исследованных пресных водоемов включает 1131 видов, разновидностей и форм, относящихся к 230 родам, 89 семействам, 33 порядкам, 15 классам, 11 отделам.

Анализ структуры сообществ в зависимости от типа водоемов показал, что наибольшим видовым богатством характеризуются лентические водоемы – 817 таксонов рангом ниже рода; в реках обнаружено 452 видов, разновидностей и форм; в водохранилищах – 238.

В минерализованных водоемах автотрофные микроорганизмы представлены 177 таксонами рангом ниже рода из семи отделов: Cyanoprokaryota – 13 видов, разновидностей и форм (7.4% от общего количества), Bacillariophyta – 115 (65.0%), Chlorophyta – 23 (13.0%), Euglenophyta – 14 (7.9%), Streptophyta – 8 (4.5%), Cryptophyta – 2 (1.1%), Chrysophyta – 2 (1.1%). Наибольшее разнообразие Bacillariophyta обусловлено пластичностью группы в целом по отношению к различным экологическим факторам среды.

При исследовании флоры диатомовых гиперсоленых водоемов в слаборассольных водах (50.0 – 100.0 г/л) было обнаружено 54 вида. Из них 25 видов были характерными только для этой солености и не встречались при более высоких уровнях минерализации. В водоемах, относящихся к среднерассольным (100.0 – 200.0 г/л), было обнаружено 46 видов. В водоемах, отнесенных к крепкорассольным (200.0 – 300.0 г/л), было обнаружено 7 видов. При минерализации 300.0 г/л и выше развития диатомовых не наблюдали. В целом флора диатомовых водорослей гипергалинных водоемов в диапазоне минерализации от 50.0 г/л до 300.0 г/л включает 73 таксона рангом ниже рода.

Изучение видового состава автотрофных микроорганизмов в градиенте минерализации позволили расширить экологическую характеристику отдельных видов. Так, *Surirella striatula* Turp. среди видов-индикаторов галобности относится к мезогалобам. Согласно нашим

исследованиям, *S. striatula* встречается в диапазон минерализации, 1600-136400 мг/л, что позволяет отнести его к эвригалинным видам. К эвригалинным видам относятся так же *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh., *Epithemia adnata* (Kütz.) Breb. и т.д. Полученные нами данные позволяют характеризовать *Mastogloia braunii* Grunow и *Campylodiscus clypeus* Ehrenb. как полигалобов, а *Cylindrotheca gracilis* (Bréb.) Grunow и *Cylindrotheca gracilis* (Bréb.) Grunow – как мезогалобов.

Было отмечено, что в пределах одной реки изменение минерализации от 0.2 г/л до 7.6 г/л приводит к существенным перестройкам в сообществах автотрофных микроорганизмов. Общими для всех исследуемых зон являлись 14.7% от общего таксономического разнообразия. Специфическими, встречающимися только в конкретных участках реки, были: при минерализации 0.2-0.6 г/л – 42.5% от общего числа видов; минерализации 1.2–3.0 г/л – 37.3%; минерализации 6.0-7.6 г/л – 28.8%, что подтверждает роль солености воды как одного из важнейших абиотических факторов, определяющих условия жизни гидробионтов и регулирующих структуру биоценоза.

Изучение экотонов системы река-гипергалинное озеро показало специфику структуры сообщества автотрофных микроорганизмов устьевых участков рек. Нестабильность гидрохимических факторов, занос микрофлоры из верхних менее минерализованных участков, стонно-нагонные явления приводят к отсутствию четкой зависимости видового богатства от уровня минерализации. Полученные материалы позволили уточнить экологическую значимость отдельных видов водорослей и цианопрокариот, а также обосновать необходимость корректировки списка видов – индикаторов галобности.

MICROBIAL COMMUNITIES DIVERSITY IN INLAND WATERS OF ARID ZONES

Yatsenko-Stepanova T.N, Nemtseva N.V, Ignatenko M.E

Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis, Ural Division RAS, Orenburg, Russia

e-mail: yacenkostn@gmail.com

Abstract:

It was found that the flora of autotrophic microorganisms in studied fresh waters includes 1131 species, varieties and forms relating to 230 genera and 89 families, 33 orders, 15 classes, 11 departments. The mineralized waters autotrophic microorganisms were presented by 177 taxa below the rank of genus. The dependence of species richness on the level of mineralization was demonstrated.

Keywords:

autotrophic microorganisms, fresh and saline waters

NEW METHOD FOR BACTERIA CULTIVATION FROM ENDEMIC BAIKALIAN SPONGES

Ahn T.S.¹, Parfenova V.V.², Jung D.¹

¹*Kangwon National University, Chunchon, Korea*

²*Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia*

e-mail: ahnsja@empas.com

Abstract:

The new method has been described for microorganism cultivation from Baikalian sponges. The results on cultivation were compared with conventional plating as well as a pyrosequencing-based molecular survey.

Key words:

I-tips, unculturable bacteria, Lake Baikal, sponges

For understanding the real bacteria in live freshwater sponges in Lake Baikal, new isolation method, I-tip was developed. The I-tip is an in situ cultivation device that allows microorganisms to enter and natural chemical compounds to diffuse, thereby permitting the microorganisms to grow utilizing chemical compounds in their natural environment (1). The new method was used to cultivate microorganisms from Baikalian sponges, and the results were compared with conventional plating as well as a pyrosequencing-based molecular survey. The I-tip method produced cultures of 34 species from five major phyla, Actinobacteria, Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Firmicutes, and Gammaproteobacteria, 'missing' only two major phyla detected by pyrosequencing. Meanwhile, standard cultivation produced a smaller collection of 16 species from three major phyla, Betaproteobacteria, Firmicutes, and Gammaproteobacteria, failing to detect over half of the major phyla registered by pyrosequencing.

I-tip method seems to have produced a richer collection of more novel strains that is a better representation of the natural diversity. This is likely because the first step of the method, in situ cultivation, mimics natural conditions and allows for growth of only those species that are active in the environment. In addition, a low agar concentration (0.7%) would be a potentially positive factor for isolation of more diverse microorganisms. A low-nutrient medium prevents dominance of fast-growing microorganisms, so it has been successful in isolating novel oligotrophic

microorganisms from soil environment (2). Although application of the I-tip method appears to have certain biases as indicated by the absence in the cultures of representatives of some microbial phyla, these biases appear different from those of other methods, making it complimentary with the existing cultivation technologies. Consequently, the I-tip method may be a useful addition to the arsenal of recently introduced novel methods for microbial isolation.

We conclude that the I-tip method can narrow the gap between cultivated and uncultivated species, at least for some of the more challenging microbial communities such as those associated with animal hosts.

References:

1. Jung D., Seo E.Y., Epstein S.S., Joung, Y., Yim J.H., Lee H., Ahn, T.S. A new method for microbial cultivation and its application to bacterial community analysis in Buus Nuur, Mongolia // *Fundam. Appl. Limnol.* 2013. № 182. P. 171-181.
2. Janssen P.H. Yates P.S., Grinton B.E. Taylor P.M., Sait M. Improved culturability of soil bacteria and isolation in pure culture of novel members of the divisions Acidobacteria, Actinobacteria, Proteobacteria and Verrucomicrobia. // *Appl. Environ. Microbiol.* 2002. № 68. P. 2391-2396.

LIST OF PARTICIPANTS

Boris Adamovich

Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus
belaqualab@gmail.com

Konstantin Afanasiev

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
fizgeo@sfnedu.ru

Nina Aizdaicher

A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology FEB RAS, Vladivostok, Russia
inmarbio@mail.primorye.ru

Vladimir Akimov

Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia
akimov@ibpm.pushchino.ru

Gregory Akhmanov

Faculty of Geology, Moscow State University, Moscow, Russia
akhmanov@geol.msu.ru

Zinaida Aleksandrova

Azov Fisheries Research Institute, Rostov-On-Don, Russia
ynyla@mail.ru

Diana Andreeva

Institute of water and ecology problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia
freckles2008@yandex.ru

Yuriy Artemov

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas Sevastopol, Russia
opxb@ibss.nas.gov.ua

Denis Axenov-Gribanov

Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
denis.axengri@gmail.com

Tatyana Bairova

Scientific Centre of the Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia
iphrr@sbamsr.irk.ru

Tumen Balzhanov

Institute of Physical Materials of Science SB RAS, Ulan-Ude, Russia
tbalzhanov@gmail.com

Tuyana Banzaraktsaeva

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
tuyana_banz@mail.ru

Boris Baranov

P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS Moscow, Russia
bbaranov@ocean.ru

Darima Barkhutova

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
darima_bar@mail.ru

Tatyana Basharina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
fototanya@mail.ru

Nadezhda Bashenkhaeva

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
nvb@lin.irk.ru

Selmeg Bazarsadueva

Baikal Institute for Nature Management RAS SB, Ulan-Ude, Russia
lrاد@binm.bscnet.ru

Bazhenova O.P.

Stolypin Omsk State Agricultural University, Omsk, Russia
olga52@bk.ru

Yekaterina Bedoshvili

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
bedoshvilied@list.ru

Sergei Belikov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
sergeibelikov47@gmail.com

Natalia Belkova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
nlbelkova@gmail.com

Oleg Belousov

Limnological Institute SB, RAS, Irkutsk, Russia
belouss@nm.ru

Elena Belyaeva

Scientific Centre of the Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia
iphr@sbamsr.irk.ru

Olga Belykh

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
belykh@lin.irk.ru

Alexander Belyshenko

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
arxangel11@mail.ru

Anna Bessudova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
annabessudova@mail.ru

Anastasia Berdasova

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
berdasova_as@mail.ru

Vadim Blinov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
bwad@lin.irk.ru

Natalia Blokhina

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
blokhinans@gmail.com

Elena Bogatyrenko

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
bogatyrenko.ea@dvfu.ru

Bakhtiar Bogdanov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
bakhtiar.bogdanov@mail.ru

Dmitry Bogolyubov

Institute of cytology RAS
dmitr@mail.cytspb.rssi.ru

Galina Bolobanschikova

Institute of Biophysics SB RAS, Krasnoyarsk, Russia
galina.ibp@mail.ru

Nina Bondarenko

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
nina@lin.irk.ru

Gennady Borovskii

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
borovskii@sifibr.irk.ru

Alla Brushkov Anatoly

Faculty of Geology, Moscow State University, Moscow, Russia
cryology@geol.msu.ru

Alla Bryanskaya

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia
alla@bionet.nsc.ru

Andrei Bryukhanov

Faculty of Biology, Moscow State University, Moscow, Russia
Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia
brjuchanov@mail.ru

Valentina Budagaeva

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
valmpa@mail.ru

Sergei Bukin

Limnological Institute SB, RAS, Irkutsk, Russia
sergeibukin@lin.irk.ru

Yuriy Bukin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
bukinyura@mail.ru

Natalia Bukshuk

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
7t@lin.irk.ru

James Burgon

Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine, University of Glasgow, UK
J.Burgon.1@glasgow.ac.uk

Tatyana Butina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tvbutina@mail.ru

Lyubov Buzoleva

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Vladivostok, Russia
buzoleva@mail.ru

Andrey Bychkov

Faculty of Geology, Moscow State University, Moscow, Russia
bychkov@geol.msu.ru

Anastasia Bykovskaya

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
nastya28.92@mail.ru

Nataliya Charitonova

Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
kharitonova@fegi.ru

Maxim Chernishov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
chernishov@lin.irk.ru

Svetlana Chernitsyna

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
sveta@lin.irk.ru

Lubov Chernogor

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lchernogor@mail.ru

Satoshi Chiba

Department of Ecology and Evolutionary Biology, Graduate School of Life Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi, Japan
saito.zef@gmail.com

Elena Chipanina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
yelena@lin.irk.ru

Vladislav Chumakov

Siberian State Technological University, Krasnoyarsk, Russia
89039200501@mail.ru

Artem Chupakov

Institute of Environmental Problems of the North UB RAS, Arkhangelsk, Russia
artem.chupakov@gmail.com

Elena Chuparina

Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
lchup@igc.irk.ru

Olga Dagurova

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
dagur-ol@mail.ru

Vyacheslav Dambaev

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
slavadmb@rambler.ru

Ekaterina Dambinova

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
ekaterina_dambinova@mail.ru

Andrey Darin

V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
avd@igm.nsc.ru

Marc De Batist

Renard Centre of Marine Geology, Ghent University, Ghent, Belgium
marc.debatist@rug.ac.be

Andrey Degermendzhy

Institute of Biophysics SB RAS, Krasnoyarsk, Russia
nd1947@yandex.ru

Nataliya Denikina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
denikina@lin.irk.ru

Nikolay Diansky

Institute of Numerical mathematics RAS, Moscow, Russia
nikolay.diansky@gmail.com

Alain Dolla

Laboratoire de Chimie Bactérienne, CNRS. Marseille, France
dolla@ibsm.cnrs-mrs.fr

Eugenia Dolmatova

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
rektorat@dvfu.ru

Valentina Domysheva

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
hydrochem@lin.irk.ru

Irina Dotsenko

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
irinageo@mail.ru

Olga Drozdova

Faculty of Geology, Moscow State University, Moscow, Russia
lgep@geol.msu.ru

Valentin Drucker

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
drucker@lin.irk.ru

Victor Egorov

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas Sevastopol, Russia
opxb@ibss.nas.gov.ua

Evgeniya Emelyanova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
evg@lin.irk.ru

Yana Ermakova

Azov Fisheries Research Institute, Rostov-On-Don, Russia
ynyla@mail.ru

Anna Ershova

Institute of Environmental Problems of the North UB RAS, 163061, Arkhangelsk, Russia
anna.a.ershova@gmail.com

Alena Eskova

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
rectorat@dvfu.ru

Dmitry Evtushenko

The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russia

Andrey Fedotov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
mix@lin.irk.ru

Yuri Fedorov

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University Rostov-on-Don, Russia
fedorov@sfedu.ru

Galina Fedorova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
fgallna@mail.ru

Casas Fernández

Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig, Germany
a.n.gurkov@gmail.com

Nikolai Filatov

Northern water problems institute Karelian Research center RAS, Petrozavodsk, Russia
nfilatov@rambler.ru

Svetlana Filippova

Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia
svfilipova@mail.ru

Alena Firsova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
firsova@lin.irk.ru

Niroshi Fukuda

Conservation of Aquatic Biodiversity, Faculty of Agriculture, Okayama University, Okayama, Japan
saito.zef@gmail.com

Daisuke Funaki

Shimane Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences, Nishihamasada, Matsue, Shimane, Japan
inomata@acap.asia

Vladimir Gagarin

Institute of Inland Water Biology RAS, Borok, Russia
gagarin@ibiw.yaroslavl.ru

Agnia Galach'yants

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
agniagal@lin.irk.ru

Yuri Galachyants

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
yuri.galachyants@lin.irk.ru

Elena Galanina

Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
e.galanina@sakhniro.ru

Valeriy Gal'chenko

Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia
valgalch@inmi.host.ru

Valentina Garankina

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
G_val_82@mail.ru

Dmitriy Garkusha

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
gardim1@yandex.ru

Nikolay Gaydenok

Siberian State Technological University, Krasnoyarsk, Russia
ndgay@mail.ru

Elena Gerasimova

Institute of cellular and intracellular symbiosis UB RAS, Orenburg State University, Orenburg, Russia,
ea-ermolenko@yandex.ru

Alexander Glyzin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
glizin@mail.ru

Olga Glyzina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
glyzina@lin.irk.ru

Nataliya Gogoleva

Kazan institute of biochemistry and biophysics KSC RAS, Kazan, Russia
negogoleva@gmail.com

Olga Gogoleva

Institute for cellular and intracellular symbiosis UB RAS, Orenburg, Russia
gogolewaoa@yandex.ru

Vladimir Gogolitsyn

The North-Western Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Arkhangelsk, Russia
valgog@yandex.ru

Larisa Golobokova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lg@lin.irk.ru

Yulia Golozubova

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
know-26@mail.ru

Sergey Golosov

Northern water problems institute Karelian Research center RAS, Petrozavodsk, Russia
sergey_golosov@mail.ru

Richard Gordon

Embryogenesis Center, Gulf Specimen Aquarium & Marine Laboratory, Panacea, USA
DickGordonCan@gmail.com

Vladimir Gorlenko

Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia
vgorlenko@mail.ru

Alexander Gorshkov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
gorchkov_ag@mail.ru

Anna Gorshkova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
kovadlo@lin.irk.ru

Mikhail Grachev

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
grachev@lin.irk.ru

Vasily Grigoriev

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
vasily.grigoriev@gmail.com

Pavel Gubarev

Faculty of Geography, Moscow State University, Moscow, Russia
gubarevps@gmail.com

Sergei Gulin

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas Sevastopol, Russia
s.b.gulin@yandex.ru

Anton Gurkov

Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
a.n.gurkov@gmail.com

Akihiro Hachikubo

Kitami Institute of Technology, 165 Koen-cho, Kitami 090-8507, Japan
hachi@mail.kitami-it.ac.jp

Ivan Hal'zov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
halzov@lin.irk.ru

Rashid Ibrayev

Institute of Numerical mathematics RAS, Moscow, Russia
ibrayev@inm.ra.ru

Marina Ignatenko

Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis UB RAS, Orenburg, Russia
ignatenko_me@mail.ru

Yayoi Inomata

Asia Center of Air Pollution Research, 1182 Sowa, Nishi-ku, Niigata, Japan
inomata@acap.asia

Marina Issaeva

G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry FEB RAS, Vladivostok, Russia
issaeva@piboc.dvo.ru

Valeria Itskovich

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
itskovich@mail.ru

Timofey Ivanisenko

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia
itv@bionet.nsc.ru

Ivanov Vyacheslav

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
vigo@lon.irk.ru

Ivanova Irina

Faculty of Physics, Moscow State University, Moscow, Russia
ivair@yandex.ru

Aya Iwasaki

Okinawa Prefectural Institute of Health and Environment, Ozato, Nanjo-shi, Okinawa, Japan
inomata@acap.asia

Galina Izvekov

Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia
izvekov@ibiw.yaroslavl.ru

Ruprecht Jaenicke

Institute for Physics of the Atmosphere, University Mainz, Germany
jaenicke@uni-mainz.de

Young Jin

Korea Polar Research Institute, Songdo-dong, Yeonsu-gu, Incheon, Korea
minamihr@mail.kitami-it.ac.jp

Marsel Kabilov

Genomics Core Facility, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia
kabilov@niboch.nsc.ru

Elena Kalitina

Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
microbiol@mail.ru

Gennadiy Kalmychkov

Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
gkalm@igc.irk.ru

Ivan Kalugin

V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB, RAS, Novosibirsk, Russia
ikalugin@igm.nsc.ru

Olga Kaluzhnaya

Scientific Centre of the Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia
iphrr@sbamsr.irk.ru

Oksana Kaluzhnaya

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
kaluzhnaya.oks@gmail.com

Ravil Kamaltynov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
rkamalt@lin.irk.ru

Maksim Kamakin

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia
astradox@yandex.ru

Yuichi Kameda

Center for Molecular Biodiversity Research, National Museum of Nature and Science, Tsukuba, Ibaraki, Japan
saito.zef@gmail.com

Timur Kanapatsky

Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia
timkanap_inmi@mail.ru

Naoki Kaneyasu

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan
inomata@acap.asia

Elina Karnysheva

Faculty of Geology, Moscow State University, Moscow, Russia

R. Kasashima

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan
minamihr@mail.kitami-it.ac.jp

Elena Kashinskaya

Institute of Animal Systematics and Ecology SB RAS, Novosibirsk, Russia
elena.kashinskaya@inbox.ru

Anna Kazazaeva

Energy System Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Andrey Khabuev

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
shock@lin.ir.ru

Oleg Khakhuraev

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Igor Khanaev

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
igkhan@lin.irk.ru

Tatyana Khanaeva

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tkhan@lin.irk.ru

Ksenia Kharitonenko

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Kani161089@rambler.ru

Yuri Khlopko

Institute for cellular and intracellular symbiosis UB RAS, Orenburg, Russia
otbiosistem@mail.ru

Oleg Khlystov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
oleg@lin.irk.ru

Tamara Khodzher

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
khodzher@lin.irk.ru

Olga Khuriganowa

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Khuriganowa@lin.irk.ru

Kikuchi H Shuntaro

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan
minamihr@mail.kitami-it.ac.jp

Alexandra Kim

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
kim-sandra@mail.ru

Igor Klimenkov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
iklimen@mail.ru

Sergei Klimov

Institute of Environmental Problems of the North UB RAS, Arkhangelsk, Russia
kliopa@atnet.ru

Gregory Kokhanenko

Institute of Atmosphere Optics SB RAS, Tomsk, Russia
kokh@iao.ru

Liubov Kondrateva

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia
kondratevalm@gmail.com

Alexander Kopylov

I.D. Papanin` Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia
kopylov@ibiw.yaroslavl.ru

Dmitry Kosolapov

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia
dkos@ibiw.yaroslavl.ru

Tatyana Kostornova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
kostornovat@mail.ru

Maria Kovalenkova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
kovalenkovam@mail.ru

Rosa Kruglyakova

Federal Scientific Centre “Yuzhmorgeologiya”, Gelendzhik, Russia
kruglyakova@ymg.ru

Alexey Krylov

I.S. Gramberg All-Russia Research Institute for Geology and Mineral Resources of the World
Ocean (VNIIOkeangeologia),
St. Petersburg, Russia
akrylow@gmail.com

Konstantin Kucher

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
kost@hlserver.lin.irk.ru

Lubov Kuimova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Kuimova@lin.irk.ru

Katherina Kuksa

St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia
vasily.grigoriev@gmail.com

N.N. Kurbatova

Irkutsk Hydrometeorological Survey, Irkutsk, Russia
cks@irmeteo.ru

Pavel Kurilov

Federal Scientific Centre “Yuzhmorgeologiya” Gelendzhik, Russia
postmaster@ymg.ru

Anton Kuzmin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Vladislav Kuznetsov

St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia
v.kuzya@mail.ru

Galina Kyrychuk

Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine
Kyrychuk@zu.edu.ua

Oksana Ladenkova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Sergei Lapitskiy

Faculty of Geology, Moscow State University, Moscow, Russia
lgep@geol.msu.ru

Elena Lavrentieva

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
lena_l@mail.ru

Maria Lavrova

Institute for Lake Research RAS, St. Petersburg, Russia

Elena Lazareva

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
lazareva@igm.nsc.ru

Sergey Lelekov

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
zalex@ibss.iuf.net

Snezana Levchenko

St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia
vasily.grigoriev@gmail.com

Alexander Likhoshvay

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
likhoshvay@gmail.com

Yelena Likhoshway

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
yel@lin.irk.ru

Irina Lipko

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
irinalipko@yandex.ru

Zoia Litvinenko

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia
zoyana2003@mail.ru

Anna Lomakina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lomakina@lin.irk.ru

Yuliya Lubyaga

Irkutsk State University, Institute of Biology, Irkutsk, Russia
yuliya.a.lubyaga@gmail.com

Till Luckenbach

Department of Bioanalytical Ecotoxicology, UFZ-Helmholtz, Centre for Environmental Research, Leipzig, Germany
till.luckenbach@ufz.de

Andriy Luzhetskyy

Helmholtz Institute for Pharmaceutical Research Saarland, Saarbrücken, Germany
info.hips@helmholtz-hri.de

Anton Lyakh

Institute of Marine Biological Researches RAS, Sevastopol, Russia
antonlyakh@taxakeys.org

Ekaterina Madyarova

Irkutsk State University, Institute of Biology, Irkutsk, Russia
madyarovae@gmail.com

Olga Maikova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
idboo8@mail.ru

Natalya Makhnovich

The North-Western Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Arkhangelsk, Russia

Feodor Maksimov

A.I. Herzen Russian State Pedagogical University, Saint-Petersburg, Russia
maksimov-fedor@yandex.ru

Vladimir Makukhin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
aerosol@lin.irk.ru

Lyudmila Malakhova

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas Sevastopol, Russia
malakh2003@list.ru

Tatyana Malakhova

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas Sevastopol, Russia
t.malakhova@ibss.org.ua

Valery Malnik

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
malnik80@mail.ru

Tatiana Malup

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia
svimal@bionet.nsc.ru

Elena Mamaeva

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
elena_m@lin.irk.ru

Anatoly Mamontov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
mamontov@lin.irk.ru

Andrey Manakov

Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia
manakov@che.nsk.su

Evgenia Matyugina

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia
evgenia48@mail.ru

Irina Mazina

Ural State Forest Engineering University Ekaterinburg, Russia
mazinairina@list.ru

Eugene Medvedev

Marine Hydrophysical Institute
eugene.medvedev1984@gmail.com

Irina Mekhanikova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
irinam@lin.irk.ru

Ekaterina Metelitsa

Municipal unitary enterprise Vodocanal, Khabarovsk, Russia
e.metelica@vodocanal.org

Ellinor Michel

Department of Life Sciences, Natural History Museum, London, UK
e.michel@nhm.ac.uk

Ivan Mikhailov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
mikhailov@lin.irk.ru

Beat Miller

EAWAG: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Kastanienbaum, Switzerland
beat.mueller@eawag.ch

Hirotsugu Minami

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan
minamihr@mail.kitami-it.ac.jp

Olga Moiseenko

Marine Hydrophysical Institute
olga.moiseenko.65@mail.ru

Igor Mokryi

Energy System Institute SB RAS, Irkutsk

Vladimir Molozhnikov

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia
zoothera@mail.ru

Aleksandra Mordvintseva

Surgut State University, Surgut, Russia
maju@fu.surgu.ru

Olga Moreva

Institute of Environmental Problems of the North UB RAS, Arkhangelsk, Russia
MapycR1@yandex.ru

Yuta Morii

Department of Ecology and Evolutionary Biology, Graduate School of Life Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi, Japan
saito.zef@gmail.com

Anastasia Moroz

Surgut State University, Surgut, Russia

Aleksey Morozov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
morozov@lin.irk.ru

Igor Morozov

Genomics Core Facility, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS,
Novosibirsk, Russia
mor@niboch.nsc.ru

Valery Moskvina

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia
mail@ipgg.sbras.ru

Elena Muchkina

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
emuchkina@yandex.ru

Lidiya Muzyka

Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine
Lidiya.Muzyka@ukr.net

Zoy Mylnikova

Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia

Kazunori Nakagomi

Nagano Environmental Conservation Research Institute, Nagano, Japan
inomata@acap.asia

Bair Namsaraev

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
bair_n@mail.ru

Zorigto Namsaraev

National Research Centre “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia
zorigto@gmail.com

Larisa Nazariova

Northern water problems institute Karelian Research center RAS, Petrozavodsk, Russia
nazarova@nwpi.krc.karelia.ru

Lieven Naudts

Operational Directorate Natural Environment, Royal Belgian Institute of Natural Sciences,
Ostend, Belgium
Lieven.Naudts@mumm.ac.be

Mikhail Naumenko

Institute of Limnology RAS, St. Petersburg, Russia
naumenko@limno.org.ru

Tatyana Naumova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tvnaum@list.ru

Natalia Nemtseva

Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis UB RAS, Orenburg, Russia
nemtsevanv@rambler.ru

Olga Netsvetaeva

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
r431@lin.irk.ru

Mikhail Nikitin

St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia
vasily.grigoriev@gmail.com

Anastasia Nikitina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
storozhenko_a89@mail.ru

Valentina Nosova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
nosova1990@lin.irk.ru

Vladimir Obolkin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
obolkin@lin.irk.ru

Lyubov Obolkina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
ola@lin.irk.ru

Anatoly Obzhirov

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB, RAS, Vladivostok, Russia
obzhirov@poi.dvo.ru

Tsuyoshi Ohizumi

Asia Center for Air Pollution Research, Niigata, Japan
ohizumi@acap.asia

Galina Olejnik

Institute of hydrobiology NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ecos@inhydro.kiev.ua

Olga Oleynikova

Faculty of Geology, Moscow State University, Moscow, Russia
olga-oleyn@yandex.ru

Natalya Onishchuk

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
onishchuk@lin.irk.ru

Yuka Oota

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan
hachi@mail.kitami-it.ac.jp

Natalia Orekhova

Marine Hydrophysical Institute, Sevastopol, Russia
naorekh-2004@mail.ru

Yekaterina Orlova

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Nozomi Oshikiri

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan
minamihr@mail.kitami-it.ac.jp

Georgy Osipov

Group of Academician Y.F. Isakov, Bakoulev Center for Cardiovascular Surgery, Academy of Medical Sciences, Moscow, Russia
osipovga@mail.ru

Ekaterina Ovdina

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
oka_2506@mail.ru

Mikhail Panchenko

V.E Zuev Institute of atmospheric optics SB RAS, Tomsk, Russia
pmv@iao.ru

Lyudmila Paradina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
paradina@lin.irk.ru

Valentina Parfenova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
parf@lin.irk.ru

Lyudmila Pavlova

Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Murmansk, Russia
pavlova_1@mmbi.info

Lyudmila Pavlova

Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
pavpla@igc.irk.ru

Olga Pavlova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
pavlova@lin.irk.ru

Alexander Perezhilin

Siberian State Technological University, Krasnoyarsk, Russia
AlexPr_1982@mail.ru

Elena Perezhilina

Siberian State Technological University, Krasnoyarsk, Russia
ivr@sibgtu.ru

Dmitrii Pestunov

V.E Zuev Institute of atmospheric optics SB RAS, Tomsk, Russia
pest@iao.ru

A. Petrov

St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia
vasily.grigoriev@gmail.com

Darya Petrova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
darya@lin.irk.ru

Dmitry Philippov

Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia
philippov_d@mail.ru

Nikolay Pimenov

Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia
npimenov@mail.ru

Sergey Pitul'ko

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
info@lin.irk.ru

Pierre-Denis Plisnier

Royal Museum for Central Africa, Tervuren, Belgium
pierre-denis.plisnier@africamuseum.be

Andrei Plotnikov

Institute for cellular and intracellular symbiosis UB RAS, Orenburg, Russia
protoz@mail.ru

Tatyana Pogodaeva

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tatyana@lin.irk.ru

Oleg Pokrovsky

Institute of Environmental Problems of the North UB, RAS, Arkhangelsk, Russia
Georesources and Environnement Toulouse GET, Toulouse, France
oleg@get.obs-mip.fr

Svetlana Polevova

Biology faculty of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
svetlanapolevova@mail.ru

Oksana Polevskaya

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia
oksasha.polevskaya@mail.ru

Viktor Pol'kin

V.E Zuev Institute of atmospheric optics SB RAS, Tomsk, Russia
victor@iao.ru

Alexandra Polteva

Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
polteva@sakhniro.ru

Victor Popelnitsky

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
vpopelnitsky@sfu-kras.ru

Irina Popelnitskaya

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
popelnickayairina@mail.ru

Sergei Potapov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
poet1988@list.ru

Hadezhda Potapskaya

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
potapskaya@yandex.ru

Tatyana Potemkina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tat_pot@lin.irk.ru

Vladimir Potemkin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
klimat@lin.irk.ru

Larisa Povetkina

Institute of Ecology of the Volga River basin RAS, Togliatti, Russia
ievbras2005@mail.ru

Larisa Prozorova

Institute of biology and soil science RAS, Vladivostok, Russia
saito.zef@gmail.com

Eugene Protasov

Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Lyubov Radnaeva

Baikal Institute for Nature Management RAS SB, Ulan-Ude, Russia
Radnaeva.ljubov@gmail.com

Aryuna Radnagurueva

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
aryuna_rg@mail.ru

Tatyana Rakitina

Institute of Ecology of the Volga River basin of the RAS, Togliatti, Russia
ievbras2005@mail.ru

Sergei Rasskazov

Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia
rassk@crust.irk.ru

Yuriy Rebets

Helmholtz Institute for Pharmaceutical Research Saarland, Saarbrücken, Germany
info.hips@helmholtz-hri.de

Elena Rodionova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
rodionova@lin.irk.ru

Dmitry Rogozin

Institute of Biophysics Siberian Branch SB RAS, Krasnoyarsk, Russia,
rogozin@ipb.ru

Roman Romanov

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia
romanov_r_e@mail.ru

Nadezhda Romanova

P.P.Shirshov` Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia
romanova-nadya@yandex.ru

Aleksey Rozanov

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia
rozanov@bionet.nsc.ru

Alena Rufova

Academy of Sciences Republic of Sakha, Yakutsk, Russia
alenurof@inbox.ru

Elizaveta Rumyantseva

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia
elivic.rum@gmail.com

Olga Rusinek

Baikal Museum ISC RAS, Listvyanka, Russia
rusinek@isc.irk.ru

Elena Ryabchikova

Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia
lenryab@niboch.nsc.ru

Irina Rybakova

Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia,
ryba@ibiw.yaroslavl.ru

Ksenia Rybakova

Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D.Ushinsky, Yaroslavl, Russia
ksenia.ribakowa@yandex.ru

Takumi Saito

Asia Center for Air Pollution Research, 1182 Sowa, Nishi-ku, Niigata, Japan
saito.zef@gmail.com

Hirotoshi Sakagami

Kitami Institute of Technology, 165 Koen-cho, Kitami 090-8507, Japan
sakahr@mail.kitami-it.ac.jp

Maria Sakirko

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
sakira@lin.irk.ru

Boris Samolyubov

Faculty of Physics, Moscow State University, Moscow, Russia
samolyubov@phys.msu.ru

Yulia Sapozhnikova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
jsap@mail.ru

Katsutaka Sasaki

Kitami Institute of Technology, 165 Koen-cho, Kitami, Japan
minamihr@mail.kitami-it.ac.jp

Hiroyuki Sase

Asia Center for Air Pollution Research, Sowa, Nishi-ku, Niigata, Japan
inomata@acap.asia

Andrei Sazhin

P.P.Shirshov` Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia
asazhin@com2com.ru

Elena Selivanova

Institute for cellular and intracellular symbiosis UB RAS, Orenburg, Russia
selivanova-81@mail.ru

Natalia Sezko

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
se-nat@lin.irk.ru

Lyudmila Sizova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
sizova@lin.irk.ru

Alexander Shabanov

L.V.Kirensky Institute of Physics SB RAS, Krasnoyarsk, Russia
alexch@nikel.akadem.ru

Olga Shaburova

I.I.Mechnikov Institute of Vaccine and Sera, Moscow, Russia

Artem Shamrin

V.E Zuev Institute of atmospheric optics SB RAS, Tomsk, Russia
caldy@mail.ru

Anastasia Shavelko

Surgut State University, Surgut, Russia

Dmitry Sherbakov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
sherb@lin.irk.ru

Pavel Sherstyankin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
ppsherst@lin.irk.ru

Natalya Sherysheva

Institute of Ecology of the Volga River basin RAS, Togliatti, Russia
sapfir-sherry@yandex.ru

Natalia Shevtsova

Federal Scientific Centre "Yuzhmorgeologiya" Gelendzhik, Russia
postmaster@ymg.ru

Anastasia Shigarova

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
vvk@sifibr.irk.ru

Mikhail Shimaraev

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
shimarae@lin.irk.ru

Y. Shimizu

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan
hachi@mail.kitami-it.ac.jp

Lyudmila Shirokova

Institute of Environmental Problems of the North UB, RAS, Arkhangelsk, Russia
Georesources and Environnement Toulouse GET, Toulouse, France
LShirocova@yandex.ru

T. Shiroma

Okinawa Prefectural Institute of Health and Environment, Okinawa, Japan
inomata@acap.asia

Tatyana Shishlyannikova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tatiano@mail.ru

Natalya Shorina

Institute of Environmental Problems of the North UB, RAS, Arkhangelsk, Russia
Lomonosov Northern (Arctic) Federal University Arkhangelsk, Russia
NVShorina@yandex.ru

Elena Shornikova

Surgut state university, Surgut, Russia
capucin72@mail.ru

Hitoshi Shoji

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan
shojihts@mail.kitami-it.ac.jp

Yulia Shtukova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tulupova@lin.irk.ru

Olga Shubenkova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
olya@lin.irk.ru

Ekaterina Simens

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
ekaterinasiemens93@gmail.com

Evgeniy Simonov

Institute of Animal Systematics and Ecology SB, RAS, Novosibirsk, Russia
office@eco.nsc.ru

Valery Sinyukovich

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
sin@lin.irk.ru

Tatyana Sitnikova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
sit@lin.irk.ru

Dmitry Skladnev

Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia
skladda@yandex.ru

Elena Sobko

Institute of Environmental Problems of the North UB, RAS, Arkhangelsk, Russia
elfisina@yandex.ru

Olga Sokolova

Moscow State M.V. Lomonosov University, Moscow, Russia
sokolova184@gmail.com

Marina Solovyeva

Moscow State University, Moscow, Russia
marina-sol@yandex.ru

Mikhail Solovyev

Institute of Animal Systematics and Ecology SB RAS, Novosibirsk, Russia
yarmak85@mail.ru

Michael Soreghan

School of Geology and Geophysics, University of Oklahoma, USA
msoreg@ou.edu

Dmitry Sorokin

Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia
soroc@inmi.host.ru

Larisa Sorokovikova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lara@lin.irk.ru

Alexander Starchenko

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
starch@math.tsu.ru

Jenya Starosyla

Institute of hydrobiology NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
jenya_star@ukr.net

Olga Stepanova

Federal State Budgetary Scientific Institution (FSBSI) "Institute of nature-technical systems",
Sevastopol, Russia
solar-ua@ya.ru

Vera Strakhovenko

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
strahova@igm.nsc.ru

Natalya Stolnikova

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia
natashka_stolnik@mail.ru

Inna Stonik

A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology FEB RAS, Vladivostok, Russia
innast2004@mail.ru

Yaroslav Stroynov

Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia
styarr@mail.ru

Olga Stukova

Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia
olgastukova1@rambler.ru

Nikolay Sudakov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
npsudakov@rambler.ru

Elena Sukhanova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
sukhanova@lin.irk.ru

Lyubov Sukhanova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lsukhanova@yandex.ru

Natalya Surgucheva

Winogradsky Institute of Microbiology RAS, Moscow, Russia

Maria Suslova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
suslova@lin.irk.ru

Alexander Suturin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
san@lin.irk.ru

Eric Tabuns

St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia
vasily.grigoriev@gmail.com

Kaminoyama Takahashi

Japan Environmental Sanitation Center, Kanagawa, Japan
kaminoyama@acap.asia

Nobuo Takahashi

Kitami Institute of Technology, , Kitami, Japan
minamihr@mail.kitami-it.ac.jp

Shin'ei Takano

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan
minamihr@mail.kitami-it.ac.jp

Satoshi Takeya

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba, Japan
s.takeya@aist.go.jp

Vadim Takhteev

Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
Amphipoda@yandex.ru

Natalya Tambieva

Roshydromet Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russia

Oksana Taran

Boreskov Institute of Catalysis SB, RAS, Novosibirsk, Russia
oxanap@catalysis.ru

Aitalina Tatarinova

Academy of Sciences Republic of Sakha
aita_bgf@mail.ru

Aleksey Terenozhkin

Federal Scientific Centre "Yuzhmorgeologiya" Gelendzhik, Russia
postmaster@ymg.ru

Irina Tikhonova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
iren@lin.irk.ru

Oleg Timoshkin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tim@lin.irk.ru

Maxim Timofeyev

Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
m.a.timofeyev@gmail.com

Lyubov Titova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
usmarina@inbox.ru

Jörn Thiede

Köppen Laboratory, Institute of Earth Science, Saint Petersburg State University

Jonathan Todd

Department of Earth Sciences, Natural History Museum, London, UK
j.todd@nhm.ac.uk

Bogdan Tokovenko

Helmholtz Institute for Pharmaceutical Research Saarland, Saarbrücken, Germany
info.hips@helmholtz-hri.de

Irina Tomberg

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
kaktus@lin.irk.ru

Yelena Troitskaya

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
troitca@lin.irk.ru

Elena Tsvetova

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Russia
e.tsvetova@ommgp.sgcc.ru

Bair Tsydenov

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
tsydenov@math.tsu.ru

Vadim Tsydypov

Institute of biophysics of Siberian Branch RAS, Krasnoyarsk, Russia
tsydypov@inbox.ru

Alexey Tupikin

Genomics Core Facility, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS,
Novosibirsk, Russia
kabilov@niboch.nsc.ru

Vladimir Urishinets

Institute of hydrobiology NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ciliator@ukr.net

Marina Usoltseva

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
usmarina@inbox.ru

Elena Uvarova

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia
uvarova@bionet.nsc.ru

Elena Vach

Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
Adasea@mail.ru

Marina Venger

Murmansk Marine Biological Institute Kola Scientific Center RAS, Murmansk, Russia
venger@mmbi.info

Kseniya Vereshchagina

Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
m.a.timofeyev@gmail.com

Konstantin Vershinin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
vershinin@lin.irk.ru

Tatyana Viriuchalkina

Water Problems Institute RAS, Moscow, Institute of Numerical mathematic RAS, Moscow

Yuri Volikov

Institute of hydrobiology NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ecos@inhydro.kiev.ua

Nadezhda Volokitina

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
nshelst@mail.ru

Taisia Vorobieva

Institute of Environmental Problems of the North UB, RAS, Arkhangelsk, Russia
vtais@yandex.ru

Svetlana Vorobyova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
vorobyova@lin.irk.ru

Irina Voytsekhovskaya

Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Josef Wanzenböck

Research Institute for Limnology Mondsee, University of Innsbruck, Mondsee, Austria
josef.wanzenboeck@uibk.ac.at

David Williams

Department of Life Sciences, the Natural History Museum, London, UK
dmw@nhm.ac.uk

Vera Yakhnenko

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
vera@lin.irk.ru

Natalya Yakimova

Irkutsk Hydrometeorological Survey, Irkutsk, Russia

Takashi Yamaguchi

Environmental and Geological Research Department, Institute of Environmental Sciences, Hokkaido Research Organization, Sapporo, Hokkaido, Japan
inomata@acap.asia

Naoyuki Yamashita

Asia Center for Air Pollution Research, Niigata, Japan
inomata@acap.asia

Satoshi Yamashita

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japan
hachi@mail.kitami-it.ac.jp

Tatyana Yatsenko-Stepanova

Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis, Ural Division RAS, Orenburg, Russia
yacenkostn@gmail.com

Nadezhda Yermolaeva

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Russia, Barnaul
ermolaeva@iwep.nsc.ru

Oksana Yershova

Scientific Centre of the Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia
iphrr@sbamsr.irk.ru

Svetlana Zabelina

Institute of Environmental Problems of the North UB, RAS, Arkhangelsk, Russia
svetzabelina@rambler.ru

Elena Zabotkina

I.D. Papanin` Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia
zabel@ibiw.yaroslavl.ru

Vladimir Zadelenov

Federal State Scientific Institution "Research Institute of Ecology fishery ponds (FGNU NIIERV)" Krasnoyarsk, Russia
nii_erv@mail.ru

Igor Zaidykov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
igorrock11@mail.ru

Svetlana Zaitseva

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
svet_zait@mail.ru

Alexandra Zakharenko

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
zakharenko@lin.irk.ru

Yulia Zakharova

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
zakharova@lin.irk.ru

Evgenia Zarubina

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Russia, Barnaul
zeur11@mail.ru

Alexander Zayakhanov

Institute of Physical Materials of Science SB RAS, Ulan-Ude, Russia
Lrf@ipms.bscnet.ru

Vyacheslav Zaytsev

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia
v.zaitsev@astu.org

Galina Zhamsueva

Institute of Physical Materials of Science SB RAS, Ulan-Ude, Russia
Lrf@ipms.bscnet.ru

Natalia Zhuchenko

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
zhna@lin.irk.ru

Tatyana Zhukova

Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus
tvzhukova@tut.by

Zemskaya T.I.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tzema@lin.irk.ru

Zykov Vladimir

Institute of biophysics of Siberian Branch RAS, Krasnoyarsk, Russia
zykovvv@yandex.ru

Contact information:

3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia,
Limnological Institute SB RAS

Conference Secretariat:

Yulia Sapozhnikova

Phone (Office) +7 (3952) 422-695

Phone (Mobile) +7 914-950-960-4

Fax +7 (3952) 425-405

Conference website:

<http://lin.irk.ru/6vbc/en/>

E-mail: vcconference@mail.ru

Контактная информация:

664033 Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3,
Лимнологический институт СО РАН

Секретарь Конференции:

Сапожникова Юлия Павловна

Рабочий телефон: +7 (3952) 422-695

Мобильные телефоны: +7 914-950-960-4

Факс: +7 (3952) 425-405

Адрес Конференции в интернете:

<http://lin.irk.ru/6vbc/ru/>

E-mail: vcconference@mail.ru

Отпечатано: ООО «Издательство «Аспринт»
664003 г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 18, оф. 67, тел. (3952) 742-887

Бумага офсетная, формат 60/90 1/8, усл. печ. л. 89
Тираж 250 экз., Заказ № 988