

О. И. БАЖЕНОВА^{*,**}, А. А. ЧЕРКАШИНА^{*}, Д. В. КОБЫЛКИН^{*},
С. А. МАКАРОВ^{*}, К. Е. ВЕРШИНИН^{***}

^{*}Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, ул. Улан-Баторская, 1, Иркутск, 664033, Россия, anna_cher.87@mail.ru, agrebrandt@inbox.ru, makarov@irigs.irk.ru

^{**}Иркутский научный центр СО РАН, ул. Лермонтова, 134, Иркутск, 664003, Россия, bazhenova@irigs.irk.ru

^{***}Лимнологический институт СО РАН, ул. Улан-Баторская, 3, Иркутск, 664033, Россия, vershinin@lin.irk.ru

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ ГОЛОЦЕНА ПО ЛИТОЛОГИЧЕСКИМ ЗАПИСЯМ МАЛЫХ ФЛЮВИАЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ ДАУРИИ

На основе сопряженного анализа процессов рельефо- и осадкообразования в малых флювиальных бассейнах Даурии выявлен ритмический характер смены процессов в голоцене, которые объединены в циклы различного иерархического уровня. Показано, что каждый цикл начинается с экстремальной фазы интенсивного флювиального сноса и выноса вещества из системы. Флювиальные горизонты слагают нижнюю часть отложений голоценового макроцикла в пади Веснянка. Катастрофический флювиальный снос отмечался неоднократно в период 7–8,5 тыс. кал. л. н. и в переходное от атлантического к суббореальному периоду время. Нормальная зональная фаза интеграции вещества в бассейнах фиксируется погребенными гумусовыми горизонтами почв, по которым хорошо диагностируются 1800-летние циклы. Региональное развитие в Даурии получили почвы, возраст которых около 8, 6,4 и 4,6 тыс., а также 1,2–1,4 тыс. кал. л. Для верхней части отложений каждого цикла характерны эоловые горизонты экстремальных аридных фаз. В разрезах пролювиальных шлейфов выделяются 130-летние циклы. По результатам изучения погребенных почв, данным спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования отложений установлено усиление аридизации климата за последние 10 тыс. лет и в целом снижение скорости осадконакопления и рельефообразования.

Ключевые слова: пади временных водотоков, циклы рельефообразования, флювиальный снос, погребенные почвы, эоловые отложения, голоцен, Даурская степь.

O. I. BAZHENOVA^{*,**}, A. A. CHERKASHINA^{*}, D. V. KOBYLKIN^{*},
S. A. MAKAROV^{*}, K. E. VERSHININ^{***}

^{*}Sochava Institute of Geopgraphy, SB RAS, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Irkutsk, 664033, Russia, anna_cher.87@mail.ru, agrebrandt@inbox.ru, makarov@irigs.irk.ru

^{**}Irkutsk Scientific Center, SB RAS, ul. Lermontova, 134, Irkutsk, 664033, Russia, bazhenova@irigs.irk.ru

^{***}Limnological Institute, SB RAS, ul. Ulan-Batorskaya, 3, Irkutsk, 664033, Russia, vershinin@lin.irk.ru

GEOMORPHOLOGICAL HOLOCENE EVENTS AS DEDUCED FROM LITHOLOGICAL RECORDS OF THE FLUVIAL BASINS OF DAURIA

A conjugate analysis of the processes of morphogenesis and sedimentation within small fluvial basins of Dauria revealed a rhythmic character of change of the Holocene processes which are combined into cycles of a different hierarchical level. It is shown that each cycle begins with an extreme phase of intense fluvial drift and delivery of matter from the system. The fluvial horizons comprise the lower part of deposits of the Holocene macrocycle in the Vesnyanka pad' (a valley without a permanent watercourse). A disastrous fluvial drift was recorded repeatedly for the period 7–8.5 cal. ka and at the transition time from the Atlantic to Subboreal time. A normal zonal phase of integration of matter within the basins is exhibited by buried humus horizons of soils which give clear evidence of 1800-year cycles. A regional development in Dauria is recorded for the soils with the age of about 8, 6.4 and 4.6 as well as 1.2–1.4 cal. ka. The upper part of the deposits of each cycle is characterized by aeolian horizons of extreme arid phases. The profiles of proluvial trails are indicative of 130-year cycles. Based on results from studying buried soils, data of pollen analysis and radiocarbon dating of the deposits, we determined an enhancement in climate aridization for the last 10 ka and, in general, a decreased of the sedimentation and morphogenesis rate.

Keywords: pad's of ephemeral streams, morphogenesis cycles, fluvial drift, buried soils, aeolian deposits, Holocene, Daurian steppe.

ВВЕДЕНИЕ

История развития рельефа Юго-Восточного Забайкалья в голоцене изучена довольно слабо, и только в последние годы появились первые результаты палеогеографических исследований [1, 2]. Одна из причин, затрудняющая успешную расшифровку событий последних 10–12 тыс. лет, заключается в высокой динамичности геоморфологических процессов, что обусловлено рядом причин. Степи Юго-Восточного Забайкалья относятся к центрально-азиатскому классу степных ландшафтов, сочетающих черты горных и равнинных степей [3]. В пределах района исследования, представляющего собой экотон, сфокусировано несколько переходных зон. Район расположен у южной границы криолитозоны и вдоль северных пределов обширной аридной области Центральной Азии, а также в зоне сочленения бассейна Верхнего Амура с областью внутреннего стока. Влияние большого набора факторов на динамику рельефа обеспечивает частую смену механизмов и направлений перемещения вещества в системах. Эти смены во времени происходят не хаотично, а упорядоченно [4, 5].

Однако в постоянно меняющихся условиях осадконакопления последующими процессами часто стираются следы предшествующих событий, и сложно найти представительные разрезы голоцена. В этом отношении, на наш взгляд, перспективно изучение малых замкнутых литосборных бассейнов, к которым относятся пади временных водотоков и малые озерные котловины, выступающие своеобразными «ловушками», в которых лучше сохраняется интегральная палеогеографическая информация. Такие бассейны следует рассматривать как палеоморфолитосистемы со сложной пространственно-временной организацией, для познания которой необходим сопряженный анализ процессов рельефо- и осадкообразования [6]. Поэтому для расшифровки литологических летописей голоцена малых флювиальных бассейнов Даурии привлекались модели функционирования геоморфологических систем, полученные по данным многолетних стационарных исследований [4, 5]. В настоящей статье представлены результаты такого анализа.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве опорных полигонов нами выбраны пади Крементуй и Веснянка. Падь Крементуй, площадью 18,2 км², расчленяет вулканическое плато, расположенное к северу от оз. Зун-Торей (рис. 1). Плато имеет морфологический облик останцово-сопочного низкогорья с абсолютной высотой 600–810 м. Это платообразный массив, бронированный эффузивами с волнистой вершинной поверхностью, образованной системой щитовых вулканов, изливавших базальтовую лаву по тектоническим нарушениям в начале пермского периода. На плато сохранились сильно разрушенные эруптивные аппараты [7]. Склоны останцовых сопок вогнутые, их крутизна 10–12°, под склонами залегают шлейфы. Расчленяющие плато балки и пади глубоко врезаются, их склоны достигают крутизны 20–30°, на склонах многочисленные бугры пучения высотой 1,5–2 м и диаметром 5–8 м. Падь Крементуй асимметрична, склоны правой части бассейна значительно круче, чем левой. В днище пади, приуроченной к тектоническому нарушению, происходит разгрузка подземных вод. Также нами исследованы отложения устьевых частей соседних падей Безымянная-1 и Безымянная-2, которые открываются в котловину оз. Зун-Торей (см. рис. 1).

Падь Веснянка расположена в юго-западных низкогорных отрогах Нерчинского хребта (рис. 2). Рельеф представлен сочетанием отдельных массивов сопки и гряд и отличается сглаженностью и округлостью форм. Участок сложен юрскими конгломератами. Широко распространены сухие пади. Практически все пади имеют плавный продольный профиль. Падь Веснянка находится в зоне денудации, она соединяется с падью Южной, которая открывается в долину р. Шарасун. Вся система относится к бассейну оз. Хух-Нур, принадлежащему к области внутреннего стока Центральной Азии. Абсолютные высоты достигают 800–880 м, глубина расчленения рельефа не превышает 50–90 м. Склоны имеют вогнутый профиль при крутизне 3–12°. Площадь бассейна около 3 км². Интегрирующим элементом системы выступает днище пади с временным водотоком, ширина днища составляет 5–10 м.

Эта падь представляет особый интерес для расшифровки голоценового морфолитогеолиза, поскольку многие годы она являлась ключевым участком комплексных наблюдений за режимами природных процессов, проводимых под руководством В. Б. Сочавы на базе Харанорского физико-географического стационара Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР (ныне Институт географии СО РАН). Составной частью этих работ были детальные наблюдения за динамикой рельефа [8]. На базе многолетних экспериментальных исследований в бассейне получена модель

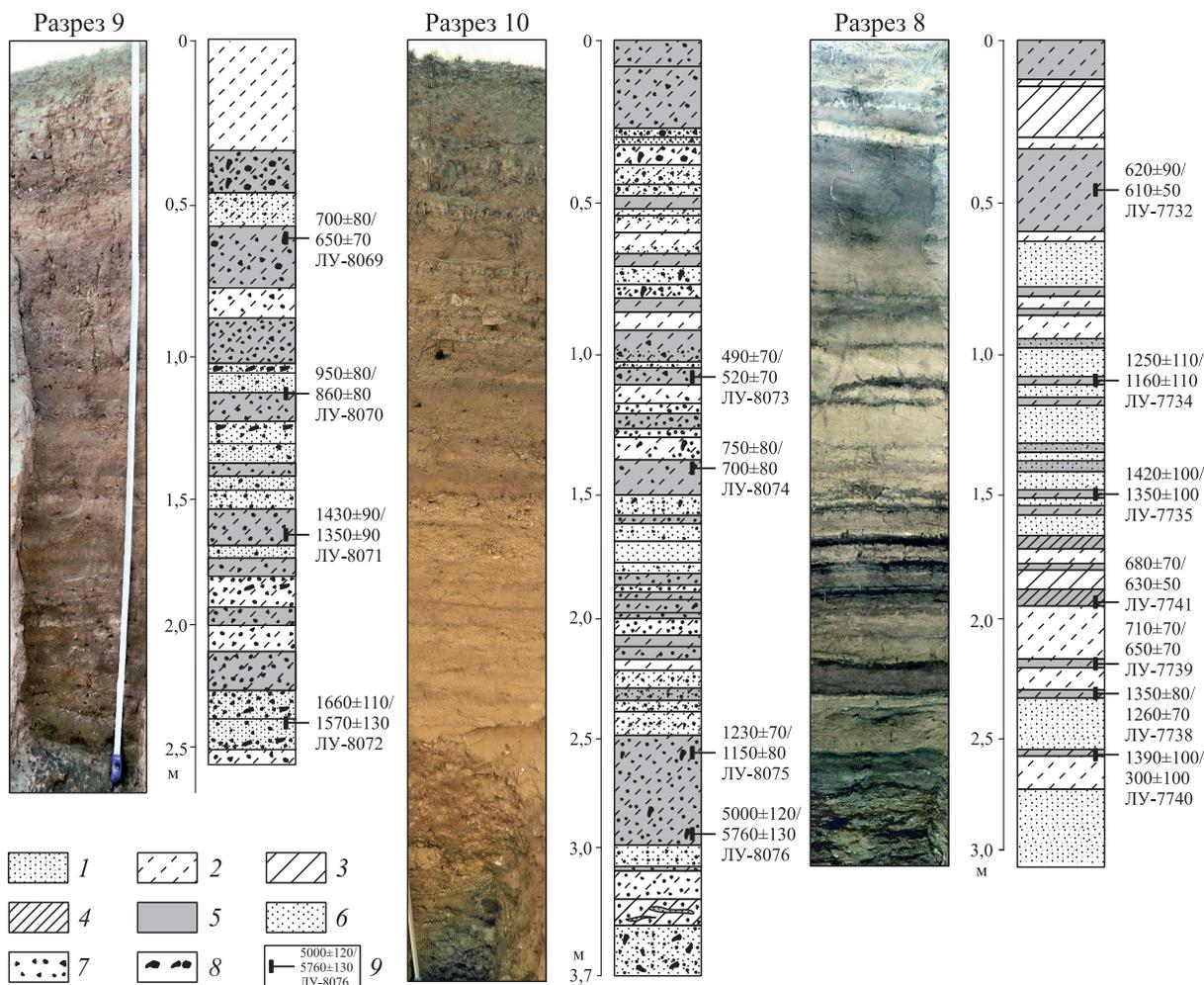
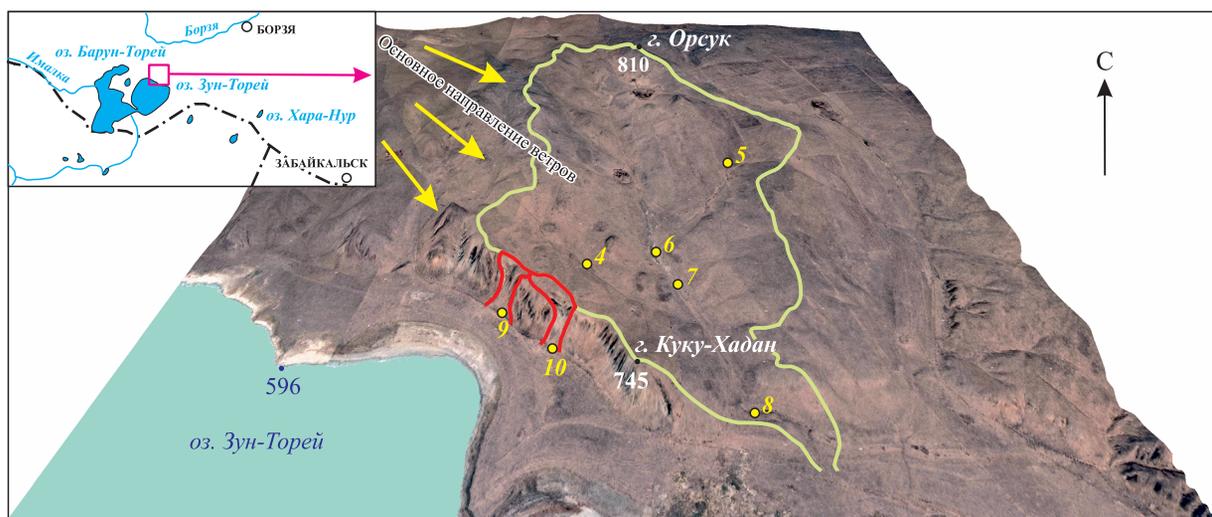
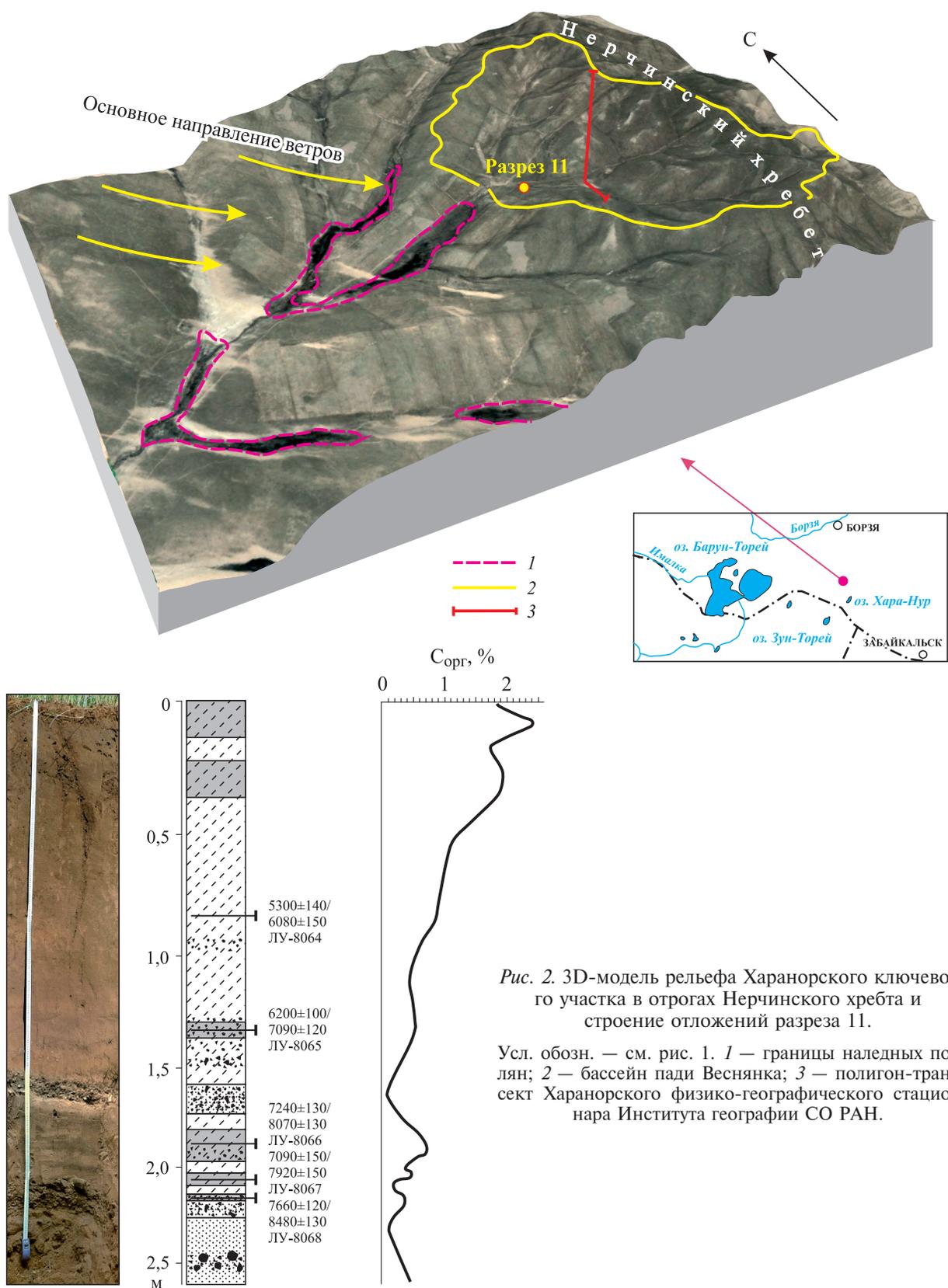


Рис. 1. Расположение изученных разрезов 4–10 на 3D-модели рельефа бассейна пади Крементуй и строение отложений разрезов пролювиальных конусов в устьях падей Безымянная-1 (разрез 9), Безымянная-2 (разрез 10) и Крементуй (разрез 8).

1 — песок связный; 2 — супесь; 3 — суглинок; 4 — суглинок тяжелый; 5 — гумусированный материал; 6 — песок; 7 — дресва; 8 — щебень; 9 — радиоуглеродный/календарный возраст и номер образца.



его функционирования [4, 5], которая взята нами за основу реконструкции геоморфологических событий голоцена. Согласно модели, полный цикл функционирования систем любого иерархического уровня будет включать три динамические фазы. В пределах цикла отмечается продолжительный период (зональная фаза), когда все элементы системы характеризуются автономным развитием и слабой интенсивностью процессов, способствующей стабилизации поверхности и формированию почв, а также две экстремальные фазы интенсивного сноса вещества. Быстрый, «залповый» снос связан с периодически катастрофическим развитием эоловых (экстремальная аридная фаза) или эрозионно-аккумулятивных и криогенных процессов (экстремальная перигляциальная фаза) [4, 5]. Следует подчеркнуть особую роль в морфогенезе наледей, получающих массовое развитие во многих падах в годы высокого увлажнения. Следы их деятельности в форме наледных полей хорошо видны на трехмерной модели рельефа Харанорского ключевого участка (см. рис. 2), созданной по данным космической съемки. Здесь же отчетливо проявляются и морфологические признаки последней эоловой экстремальной фазы в виде потоков эолового материала, вытянутых по направлению господствующих ветров. Практически во всех падах, расчлняющих склоны Нерчинского хребта, выступающего преградой на пути ветра, эоловые отложения заполняют борта наледных полей, а на отдельных участках даже создают перемычки, перекрывая днища падей, перпендикулярно ориентированных по отношению к направлению эоловых потоков вещества (см. рис. 2).

В период с 2013 по 2015 г. в бассейнах было заложено восемь разрезов (см. рис. 1, 2). При их изучении основное внимание уделялось стратиграфическому и морфогенетическому анализу погребенных почв и отложений. С этой целью в лабораторных условиях выполнялось определение гранулометрического состава по Качинскому [9], содержания карбонатов [10], органического углерода по Тюрину и группового состава гумуса по методу Кононовой–Бельчиковой [11]. Лабораторная обработка образцов на спорово-пыльцевой анализ проведена по классической методике [12]. Абсолютный возраст погребенных почв установлен в Санкт-Петербургском государственном университете сцинтилляционным методом по углероду гуминовых кислот. Значения календарного возраста приведены на основании калибровочной программы CalPal2007_HULU Кёльнского университета.

При анализе результатов изучения голоценовых отложений Даурии мы учитывали, что относительное участие того или иного процесса в морфолитогенезе не только меняется во времени, но и зависит от положения конкретного разреза в структуре бассейна на пути движения литодинамических потоков. По этому признаку выделено четыре группы разрезов, расположенных преимущественно в зонах: 1) эоловой аккумуляции вещества (разрез 4); 2) эоловой и делювиально-пролювиальной миграции вещества (5); 3) флювиального транспорта вещества (6, 7 и 11), 4) пролювиальной аккумуляции (8–10). Представляя результаты изучения разрезов в таком порядке, подчеркнем, что в каждом разрезе снижение интенсивности перемещения вещества и стабилизация поверхности фиксируются погребенными гумусовыми горизонтами почв. Исследование погребенных почв позволило нам получить новую ценную информацию о палеогеографии голоцена Даурии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зона эоловой аккумуляции вещества. Поскольку часть материала, выносимого северо-западными ветрами из котловины Торейских озер и с верхних ярусов рельефа западной, более поднятой части бассейна пади Крементуй, длительное время накапливалась в понижениях рельефа, стало возможным рассмотреть ход эоловых процессов в голоцене. Наиболее полное строение эоловых осадков прослеживается по правому борту пади в зоне ветровой тени на склонах и в небольших седловинах. В одной из замкнутых седловин, куда поступает только эоловый материал, заложен разрез 4 глубиной 290 см (рис. 3). Для него характерно относительно однородное строение верхней и средней частей толщи, представленной коричневатой-серой супесью. С глубины 225 см происходит резкое утяжеление гранулометрического состава до легкого суглинка, при этом грубообломочные включения полностью отсутствуют.

Вначале (при формировании нижней и средней пачек отложений) эоловая аккумуляция шла со скоростью 0,41–0,42 мм/год, затем ее темпы снизились почти в два раза: верхняя пачка отложений до глубины 95 см формировалась со скоростью 0,23 мм/год. В разрезе выделяется несколько погребенных гумусовых горизонтов, свидетельствующих о перерывах эоловой аккумуляции вещества и стабилизации поверхности.

Нижняя почва расположена на глубине 245–250 см и представлена одним темногомусовым горизонтом. Ее калиброванный радиоуглеродный возраст составляет 8050 ± 150 кал. л. н. (ЛУ-7452), что

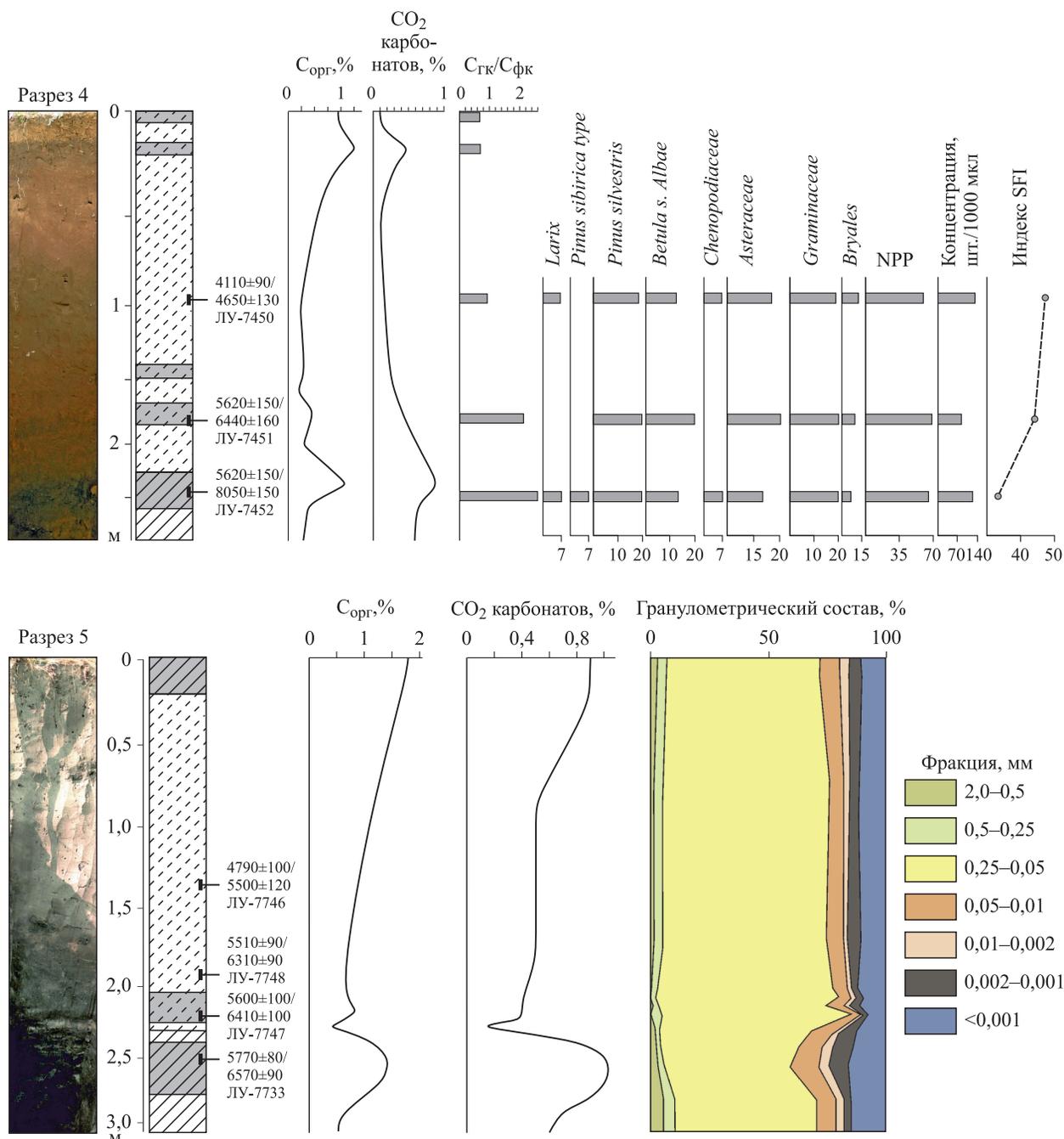


Рис. 3. Строение, абсолютный возраст, физико-химические свойства и спорово-пыльцевая диаграмма отложений разрезов 4 и 5 пади Крементуй.

Усл. обозн. — см. рис. 1.

соответствует началу атлантического периода голоцена. Относительно высокое (1,15 %) содержание органического углерода ($C_{орг}$) и гуматный состав гумуса (соотношение гуминовых и фульвокислот ($C_{гк}/C_{фк}$) равно 2,74) указывают на интенсивность процессов почвообразования и гумусообразования по черноземному—лугово-черноземному типу. Данная почва имеет широкое региональное развитие на Онон-Торейской равнине [13] и в соседних районах Монголии [14].

Возраст гумусового горизонта, залегающего на глубине 183–188 см, датируется 6440 ± 160 кал. л. н. (ЛУ-7451). Схожесть морфогенетических особенностей данной почвы с вышеописанной свидетельствует о близких условиях почвообразования. При этом данная почва имеет меньшую мощность гу-

мусового горизонта, пониженное содержание $C_{\text{орг}}$ (0,49 %) и более узкое соотношение $C_{\text{гк}}/C_{\text{фк}}$ (2,2), что указывает на менее благоприятные условия почвообразования, предположительно, из-за усиления засушливости климата во второй половине атлантического периода.

Погребенные гумусовые горизонты, расположенные в пачке отложений выше глубины 180 см, имеют невысокое содержание $C_{\text{орг}}$, фульватный состав гумуса ($C_{\text{гк}}/C_{\text{фк}}$ варьирует от 0,52 до 0,82), однородное распределение карбонатов и монотонный супесчаный гранулометрический состав. На глубине 95–100 см возраст отложений этой пачки датируется 4650 ± 130 кал. л. (ЛУ-7450), что соответствует середине суббореального периода. В верхней части разреза на глубине 13–18 см обнаруживается светлогумусовая почва с содержанием $C_{\text{орг}}$ 1,27 % и фульватным составом ($C_{\text{гк}}/C_{\text{фк}} = 0,69$), перекрытая с поверхности эоловым наносом, на поверхности которого формируется дерновый горизонт современной почвы. Таким образом, исходя из полученных морфоаналитических характеристик, можно предположить, что погребенные почвы в пределах 180 см от поверхности формировались в условиях сухих степей, а образование почв атлантического периода, обнаруженных в нижней пачке отложений на глубине 180–290 см, происходило в более благоприятных условиях луговых и разнотравных степей, возможно, даже лесостепей.

Методом спорово-пыльцевого анализа были исследованы три почвенных горизонта из этого разреза. В пробах погребенных почв присутствует незначительное количество спорово-пыльцевого материала. Однако общее распределение основных элементов спектра (древесные (AP)—недревесные (NAP)—споровые) свидетельствует о лесостепном характере растительного покрова, продуцировавшего подобный спектр (см. рис. 3). Участие древесных в сложении спектра понижается в процессе формирования отложений. Также нами был применен расчет индекса SFI (steppe–forest index, или индекс степь–лес), согласно [12]. Этот показатель был использован для демонстрации связи между бореальными и степными элементами в составе растительного покрова как индикаторами изменения уровня атмосферных осадков. Расчет индекса SFI производили по формуле: $(\text{Artemisia} + \text{Chenopodiaceae} (\text{AC})) / (\text{AC} + \text{arborean pollen} (\text{AP})) \cdot 100$. Результаты расчета индекса для изученных почвенных горизонтов также показывают увеличение доминирования степных ландшафтов в направлении к поверхности, т. е. повышение аридизации. Это подтверждается понижением в изученных горизонтах содержания органического углерода. На фоне крайне малого количества спорово-пыльцевого материала следует отметить значительное (до 70,588 % в горизонте 185 см) присутствие так называемых NPP (non-pollen palynomorphs), среди них преимущественно односепадные веретенообразные, а также суженные в области перегородки аскоспоры плесневых грибов (в частности *Cladosporium* sp. и *Alternaria* sp.). Нахождение последних может свидетельствовать об относительной гумидности условий почвообразования 6,5 тыс. л. н.

Зона эоловой и делювиально-пролювиальной миграции вещества. Для зоны характерен разрез 5, который зачищен в стенке оврага, сформировавшегося в верхней части правостороннего отвершка пади Крементуй в зоне транзита вещества (см. рис. 1). В разрезе глубиной 3 м, как и в предыдущем, последовательно, сверху вниз, отмечается утяжеление отложений от супеси пылевой до среднего суглинка. Морфогенетический анализ отложений позволяет выделить четыре слоя, различающихся между собой по составу отложений и скорости их накопления (см. рис. 3). Нижняя часть разреза на глубине 280–305 см представляет собой кровлю коры выветривания, сложенную серовато-желтым легким суглинком плитчатого строения с включением сильно выветрелой дресвы и железо-марганцевых конкреций. На ней в интервале 230–280 см залегает серия погребенных темно-гумусовых горизонтов почв с содержанием $C_{\text{орг}}$ 1,13–1,46 %, возраст которых (6300–6600 кал. л.) совпадает с возрастом средней погребенной почвы разреза 4 (6440 кал. л.). Накопление гумусированных отложений шло очень быстро (2,6–3 мм/год), этот процесс кратковременно, но резко прерывался экстремальным флювиальным сносом (см. рис. 3). Средняя делювиально-эоловая пачка палево-серой супеси с включением дресвы формировалась со скоростью 0,75 мм/год, а верхняя эоловая с глубины 135 см и выше — 0,25 мм/год. Таким образом, разрез демонстрирует высокую активность геоморфологических процессов за последние 6,5 тыс. лет, происходящую на фоне снижения интенсивности сноса вещества за средний–поздний голоцен в 10 раз, что связано, на наш взгляд, с аридизацией климата.

Зона флювиального транспорта вещества днищ падей. Детально следы флювиальных потоков исследовались в средней части днища пади Крементуй и нижней части днища пади Веснянка. Согласно данным по разрезу 6, во второй половине голоцена в днище пади Крементуй происходила смена обстановок осадконакопления и рельефообразования, предположительно включающих периоды биогенной аккумуляции, флювиального сноса и развития делювиально-эоловых процессов. Соответственно им в разрезе выделяется три толщи отложений (рис. 4).

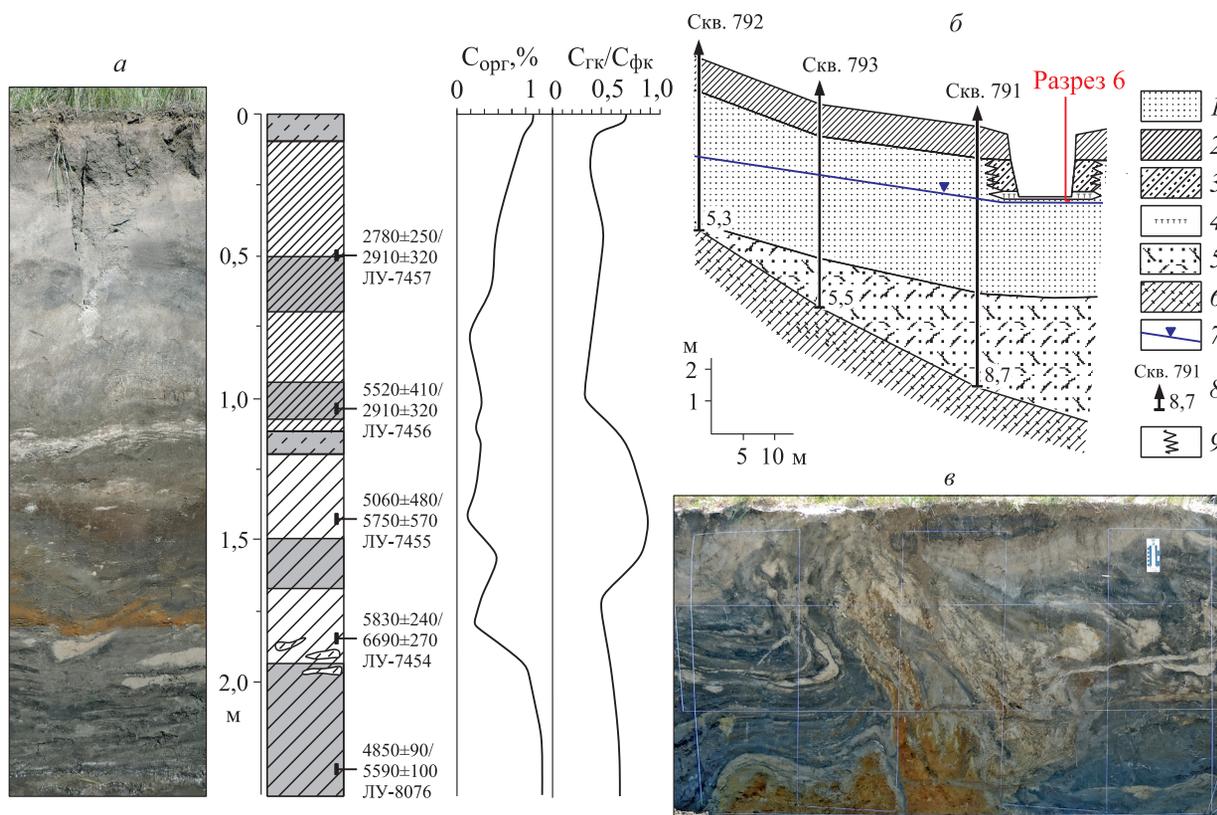


Рис. 4. Строение, абсолютный возраст и физико-химические свойства отложений разреза 6 в днище пади Крементуй (а), схема положения разреза в рыхлых отложениях днища (б) и криогенная деформация отложений в разрезе 7 (в).

Усл. обозн. к разрезу 6 (А) — см. рис. 1. 1 — песок; 2 — суглинок; 3 — переслаивание песка, супеси и суглинка; 4 — суглинок с растительными остатками; 5 — кора выветривания; 6 — коренные породы; 7 — уровень грунтовых вод; 8 — скважина, ее номер в забое, глубина, м. 9 — предполагаемый контакт между отложениями.

Нижняя толща отложений в интервале 210–230 см формировалась в условиях заболоченного слабопроточного водоема. В толще встречены остатки гигрофитной растительности. Отдельные фрагменты растений достигают 3–5 см в длину и 0,5–1,5 см в ширину и визуально похожи на неразложившиеся остатки камыша или тростника. Водоем, скорее всего, был самостоятельным и питался за счет выходов родников. Единичные выходы родников мы наблюдаем и в настоящее время. Во времена массовых выходов родников, более 5,5 тыс. л. н., почвенный покров вокруг водоема был представлен аллювиальными перегнойно-глеевыми почвами, формирующимися в условиях переувлажнения и активного привноса минерального субстрата со склонов пади. Свидетельством водной аккумуляции субстрата в гумусовых горизонтах являются линзы отмытого кварцевого песка, а также неупорядоченные включения слаборазложившихся остатков гигрофитной растительности. Морфологические следы среднеголоценового озера сохранились по левому борту пади в виде террасовидных ступеней. В начале голоцена баланс рыхлого материала в долинах и падах Юго-Восточного Забайкалья был положительным, водотоки не справлялись с выносом наносов, происходили агградация долин и формирование озерных иловатых суглинков [15]. В Восточно-Урулунгуевской впадине в нижней части разреза озерных отложений из линзы торфа был получен образец с радиоуглеродной датой 8195 ± 125 кал. л. (СОАН-3441) [15]. Таким образом, до 5590 ± 100 кал. л. (ЛУ-7453) днище пади было занято мелководным водоемом.

На геохронологическом рубеже около 5–6 тыс. л. н. по всему Забайкалью фаза агградации долин сменилась новой эрозийной фазой [15]. В разрезе (см. рис. 4) в интервале 95–210 см мы выделяем флювиальные отложения, которые, по нашему мнению, сформировались за очень короткий период времени в результате «залпового» выброса материала с верховьев пади. Это произошло за счет выпадения обильных атмосферных осадков, которые привели в движение склоновые отложения. Веро-

ятно, начавшиеся сплывы вызвали массовый снос в направлении днища пади. В средней толще отложений разреза зафиксированы различные типы переотложенных грунтов, выходы которых можно наблюдать в настоящее время в пределах пади. Например, слой суглинка тяжелого охристого встречается в стенках подмытых берегов и в самом русле. Красноцветные отложения наблюдаются в верхней части склонов, спускающихся к оз. Зун-Торей, и к ним приурочены сплывы. Эти отложения представляют собой линейные гипогенные коры выветривания, связанные с зонами тектонической проработки по контакту осадочных отложений и прорывающих их эффузивов. Они распространены по северному побережью оз. Зун-Торей, а также по падам, выполняют их днища и залегают на бортах [16]. Особенно широко фрагменты кор выветривания представлены в днищах падей Хаберга и Могойтуй. Вероятно, и во времена описываемых событий в верховьях пади Крементуй активно размылась кора выветривания, материал которой в виде охристых прослоев наблюдается в разрезах днища пади (см. рис. 4). Для толщи характерны также многочисленные линзы и прослои хорошо окатанного и отмытого песка.

Календарный возраст флювиальных отложений оказался древнее возраста, предположительно, биогенных отложений. Это свидетельствует о том, что в днище пади со склонов сносились более старые отложения, в результате чего произошло переслаивание разных по возрасту грунтов. Для установления возраста верхней границы флювиальных отложений мы определили среднюю скорость накопления верхней пачки отложений, используя в качестве реперной точки образец ЛУ-7457 с календарным возрастом 2910 ± 320 кал. л. Средняя скорость накопления составила 0,18 мм/год. Разделив мощность делювиально-эоловой толщи, равной 950 мм, на среднюю скорость, получили время начала образования толщи — 5277 кал. л. Эта дата также является временем окончания флювиального сноса. Период между началом и завершением формирования флювиальной толщи составляет около 300 кал. л., что подтверждает кратковременность этапа аккумуляции наносов. Это свидетельствует о том, что данный слой отложился в результате экстремальных природных событий. Так как дата 5277 кал. л. получена расчетным путем, а дата 5590 ± 100 кал. л. (ЛУ-7453) определена радиоуглеродным методом, мы считаем, что именно последняя является временем начала процесса быстрого и массового заноса днища пади рыхлыми отложениями. Средняя скорость накопления толщи составляет 3,83 мм/год, т. е. более чем в 20 раз превышает темпы последующей делювиально-эоловой аккумуляции. Период экстремального флювиального сноса резко выделяется и более влажными условиями почвообразования, о чем свидетельствует соотношение гуминовых и фульвокислот, равное в этих отложениях единице; в последующий период этот показатель снижается до 0,3–0,5, что указывает на усиление аридности (см. рис. 4).

В отложениях днища пади Крементуй отмечаются также следы криогенных процессов. Особенно ярко они представлены в разрезе 7, где криогенной деформации были подвергнуты все три толщи отложений (см. рис. 4), наблюдаемых в ненарушенном состоянии в разрезе 6. Наиболее вероятное время криогенеза можно определить по результатам изучения отложений оз. Хара-Нур, согласно которым (дата 3580 ± 180 кал. л., ЛУ-7790) формирование криогенных клиньев активно шло 3,5 тыс. кал. л. н.

В отложениях пади Веснянка (разрез 11) зафиксирован более продолжительный период голоцена до рубежа почти 9 тыс. кал. л. (см. рис. 2). Разрез зачищен в задней стенке промоины на глубину 260 см. Снизу вверх в интервале 146–260 см выделяется сложно устроенная толща, представленная чередованием мелкогалечниково-гравелистых горизонтов балочного аллювия с линзами хорошо промытого среднезернистого песка и гумусированных прослоев супеси и легких суглинков. Возраст погребенных гумусовых горизонтов, разделяющих пачки флювиальных отложений, изменяется от 7 до 8,5 тыс. кал. л. (см. рис. 2). Размер галек достигает 10 см, на их поверхности встречаются железомарганцевые пленки. В интервале 105–146 см флювиальные отложения перекрыты небольшой толщиной делювиально-пролювиальных супесчаных отложений с включением гравия и крупного песка. Вверху разрез венчает эоловая толща серой супеси мощностью 105 см, формирование которой началось около 6080 ± 150 кал. л. (ЛУ-8064). В ней выделено два гумусовых горизонта почв. Возраст нижней почвы (залегают на глубине 28–38 см), определенный по образцу, отобранному в соседнем карьере, — 1210 ± 100 кал. л. (ЛУ-8063). Формирование данной почвы происходило по черноземному типу. Содержание $C_{орг}$ в гумусовых горизонтах — 2–2,4 %. Скорость накопления верхней эоловой толщи составляет 0,16 мм/год, средней — 0,40 и нижней флювиальной — 0,61 мм/год.

Зона пролювиальной аккумуляции. Пролувиальные отложения фиксируются в устьевой части пади Крементуй (разрез 8). Здесь за 40 лет сформировалась пачка отложений мощностью около 1,5 м в интервале глубин с 50 до 213 см. Она имеет слоистое строение: отмечается чередование мелкого песка

с тонкими прослоями гумусированной супеси с углистыми включениями. Образование этой пачки началось 650 ± 70 кал. л. (образец ЛУ-7739), а завершилось 610 ± 50 кал. л. н. (образец ЛУ-7732) (см. рис. 1). Средняя скорость накопления отложений, таким образом, составила около 38,7 мм/год. Процессы в этот короткий период шли неравномерно. Периодически во время сильных ливней со склонов в движение вовлекались более древние почвы, имеющие возраст 1160 ± 110 (ЛУ-7734) и 1350 ± 100 (ЛУ-7736) кал. л. н. (см. рис. 1). Пролювиальные отложения сверху перекрыты эоловыми, отличающимися повышенным содержанием CO_2 карбонатов (до 3 %), так как в малый ледниковый период основная часть материала поставлялась ветром с сухих дниц соленых Торейских озер [17]. Данные прослой отличаются столбчатой структурой и имеют признаки солонцеватости.

В устье пади Безымянной-1 в разрезе 9 пролювиального шлейфа наблюдается чередование щебенисто-дресвянистых и гравелистых прослоев, которые образуют последовательность из девяти завершенных циклов рельефообразования, сверху перекрытых эоловой пылевой супесью (см. рис. 1). Средняя продолжительность цикла составляет около 130 лет. Нижняя часть отложений каждого цикла представлена грубообломочным материалом, вынесенным из пади мощными флювиальными потоками. Согласно полученным датировкам, средняя скорость формирования нижней части разреза в пределах четырех 60-летних циклов достигала почти 4 мм/год. Около 1330 кал. л. н. скорость формирования шлейфа сокращается более чем в четыре раза и составляет 0,9 мм/год. Такие темпы были характерны для двух следующих циклов рельефообразования, продолжительность каждого из которых достигала 235 лет. В последующие три цикла (от 860 до 520 кал. л. н.) скорость процессов вновь повышалась в два раза.

В устье пади Безымянной-2 в стенке оврага зачищен разрез 10 мощностью 365 см. Снизу вверх в разрезе последовательно сменяют друг друга: перемытая кора выветривания биотитовых сланцев (338–365 см); предположительно озерные отложения со следами оглеения и линзами песка и дресвы (324–337 см); овражный аллювий (298–324 см). На нем в интервале 249–298 см залегает мощная почва, радиоуглеродные даты начала и конца формирования которой — 5760 ± 130 (ЛУ-8076) и 1150 ± 80 (ЛУ-8075) кал. л. н. соответственно. Сверху почва перекрыта метровой толщиной, представленной чередованием пролювиальных горизонтов с намытыми гумусированными тонкими прослоями и охватывающей не менее пяти 70-летних циклов рельефообразования. Еще выше залегает молодая погребенная почва, возраст которой находится в интервале 700 ± 80 (ЛУ-8074) и 520 ± 70 (ЛУ-8073) кал. л. н. (см. рис. 1). Верхняя часть разреза сформировалась преимущественно в результате эоловой аккумуляции при небольшом участии пролювиальных процессов. Эоловые прослои представлены пылевыми супесями с признаками солонцеватости. Они чередуются с дресвянисто-песчаными отложениями с включением мелкого щебня.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный палеоанализ разрезов, заложенных в разных динамических зонах миграции вещества малых литосборных бассейнов Даурии, выявил участие в голоценовом рельефообразовании территории широкого спектра процессов. Исследованием впервые показана важная роль селевых потоков и катастрофических флювиальных процессов в морфогенезе, которая до недавнего времени недооценивалась. В степном Забайкалье, так же как и в соседних районах Монголии, общее уменьшение количества атмосферных осадков не сопровождается снижением эрозионной активности [18], периодически она принимает форму селевых потоков. В условиях полугорного рельефа возникающие во время ливней водные потоки на склонах и в настоящее время обладают высокой транспортирующей способностью [19]. Селевая деятельность в степях Центральной Азии была особенно активна в голоцене. Следы голоценовых селевых потоков описаны В. П. Чичаговым в Восточной Монголии в бассейне Керулена [14]. Для схода селей необходимы были значительно большая увлажненность, чем в настоящее время (последний раз это было 4,6–8 тыс. л. н.) и сильный сейсмотектонический толчок [14].

Исследованием выявлена упорядоченность рельефообразования во времени, показаны сложное взаимодействие и закономерная смена процессов, которые объединены в циклы различного иерархического уровня. Установлено, что каждый цикл начинается с экстремальной фазы интенсивного флювиального сноса и выноса вещества из системы. Флювиальные горизонты слагают нижнюю часть голоценового макроцикла (разрез 11 пади Веснянка), продолжительность которого около 10 тыс. лет. Экстремальные флювиальные события неоднократно происходили между 7090 ± 120 (ЛУ-8065) и 8480 ± 130 (ЛУ-8068) кал. л. н. Катастрофический флювиальный снос отмечался также в переходное от атлантического к суббореальному периоду время. Так, в пади Кременутуй период активного флю-

виального сноса, определенный расчетным путем, закончился 5277 кал. л. н., в долине Онона фаза высокой интенсивности флювиальных процессов — 5020 ± 190 кал. л. н. (ЛУ-8085). Наконец, подошва 130-летних циклов субатлантического периода голоцена представлена пролювиальными отложениями.

Нормальная зональная фаза интеграции вещества в бассейнах в разрезах фиксируется погребенными гумусовыми горизонтами почв, по которым в эоловых отложениях хорошо диагностируются 1800-летние циклы. Региональное развитие в Даурии получили почвы, возраст которых около 8000, 6400 и 4600 кал. л. н., а также 1200–1400 кал. л. н. Особо благоприятные для почвообразования относительно влажные и теплые условия отмечались в среднем голоцене, во время которого были сформированы мощные региональные почвы.

Для верхней части отложений каждого цикла характерны супесчано-пылеватые эоловые горизонты экстремальных аридных фаз. В целом на протяжении голоцена отмечается повышение аридизации окружающих ландшафтов. Усиление сухости климата в позднем голоцене было особенно характерно для Забайкалья и других районов Центральной Азии [1, 20–24]. В этих условиях резко возростала интенсивность эоловых процессов, игравших главную роль в формировании верхней части разрезов голоцена. Согласно данным по соседним районам Монголии, на рубеже около 3000–3400 л. н. происходит значительное иссушение территории: сокращается проточность и размеры оз. Буир, в почвенном покрове преобладающими становятся каштановые почвы, в ландшафтах — степь и сухая степь [14]. Усиление эоловой деятельности отмечалось примерно 4,5, 2–3 тыс. л. н. и в XV–XVII вв. [2]. Тенденция к повышению аридизации территории установлена по данным исследования донных осадков оз. Арахлей [25]. В котловине оз. Ножий четко выделяется 250-летний отрезок накопления эолового песка в малый ледниковый период [26].

В целом в степях Даурии и на сопредельных территориях отмечается последовательное снижение роли флювиальных и повышение интенсивности эоловых процессов за последние 10 тыс. лет. При этом на фоне аридизации Даурского региона в структуре циклов рельефообразования позднего голоцена выделяются динамические фазы, свойственные современным внутривековым циклам, выявленным в ходе стационарных исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (13–05–00524).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базарова В. Б., Мохова Л. М., Климин М. А., Орлова Л. А., Базаров К. Ю. Климатические изменения и обстановки осадконакопления в среднем-позднем голоцене в Юго-Восточном Забайкалье // Геология и геофизика. — 2008. — Т. 49, № 12. — С. 1294–1303.
2. Базарова В. Б., Ляшевская М. С., Орлова Л. А. Палеоклиматические события позднего голоцена в пойменных отложениях малых рек Юго-Восточного Забайкалья // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 2. — С. 115–123.
3. Сочава В. Б. Онон-Аргунская степь как объект стационарных физико-географических исследований // Алкучанский Говин. Опыт стационарного изучения степного ландшафта. — М.; Л.: Наука, 1964. — С. 3–23.
4. Баженова О. И. Внутривековая организация систем экзогенного рельефообразования в степях Центральной Азии // География и природ. ресурсы. — 2007. — № 3. — С. 116–125.
5. Баженова О. И., Кобылкин Д. В. Динамические фазы внутривековых циклов рельефообразования бессточных озерных бассейнов Даурии // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 3. — С. 113–123.
6. Судакова Н. Г., Антонов С. И., Введенская А. И., Гунова В. С., Карпунин С. С., Костомаха В. А., Немцова Г. М., Рычагов Г. И., Фаустов С. С. Реконструкция палеогеографических событий среднего неоплейстоцена центра Русской равнины. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. — 167 с.
7. Воскресенский С. С., Постоленко Г. А., Симонов Ю. Г. Генезис и строение рельефа юго-восточного Забайкалья // Геоморфологические исследования. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965. — С. 11–122.
8. Ивановский Л. Н., Титова З. А. Основные результаты изучения современных экзогенных процессов на стационарах Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР // Методы полевых геоморфологических экспериментов в СССР. — М.: Наука, 1986. — С. 136–149.
9. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1986. — 416 с.
10. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. — 487 с.
11. Кононова М. М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 315 с.
12. Traverse A. Paleopalynology. — Sydney: Allen and Unwin, 2011. — 600 p.

13. Шамсутдинов В. Х. Археологические памятники и палеогеография голоцена Торейской депрессии (Юго-Восточное Забайкалье) // Сибирь и ее соседи в древности. — Новосибирск: Наука, 1970. — С. 284–289.
14. Чичагов В. П. Эоловый рельеф Восточной Монголии. — М.: Изд-во Ин-та географии РАН, 1999. — 270 с.
15. Карасев В. В. Кайнозой Забайкалья. — Чита, 2002. — 127 с.
16. Крамаренко Г. С., Симонов Ю. Г. Древние коры выветривания Приторейской денудационной равнины (Юго-Восточное Забайкалье) // Поверхности выравнивания: Материалы IX пленума Геоморфологической комиссии. — М.: Наука, 1973. — С. 154–157.
17. Баженова О. И., Кобылкин Д. В., Макаров С. А., Рогалева Н. Н., Силаев А. В., Черкашина А. А. Реконструкция эоловых процессов в степях Даурии в аридные фазы рельефообразования // География и природ. ресурсы. — 2015. — № 3. — С. 126–137.
18. Солоненко В. П. Селевая деятельность в плейстоценовых областях катастрофических землетрясений // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геологии. — 1963. — Т. 38, вып. 2. — С. 133–140.
19. Уфимцев Г. Ф. Современный морфогенез на юге Сибири // География и природ. ресурсы. — 1998. — № 4. — С. 134–135.
20. An C. B., Chen F. H., Barton L. Holocene environmental changes in Mongolia: A review // Global and Planetary Change. — 2008. — Vol. 63, issue 4. — P. 283–289.
21. Blyakharchuk T. A. Western Siberia, a review of Holocene climatic changes // Journal of Siberian Federal University. Biology 1. — 2009. — N 2. — P. 4–12.
22. Wang W., Ma Y., Feng Z. D., Meng H. W., Sang Y. L., Zhai X. W. Vegetation and climate changes during the last 8660 cal a BP in central Mongolia based on a high-resolution pollen record from Lake Ugii Nuur // Chinese Science Bulletin. — 2009. — Vol. 54, issue 9. — P. 1579–1589.
23. Решетова С. А., Безрукова Е. В., Паниzzo В., Хендерсон Э., Птицын А. Б., Дарьин А. В., Калугин И. А. Растительность Центрального Забайкалья в позднеледниковье и голоцене // География и природ. ресурсы. — 2013. — № 2. — С. 110–113.
24. Вершинин К. Е., Рогозин Д. Ю. 1300-летняя динамика растительного покрова котловины озера Шира (Сибирь, Хакасия), реконструированная по донным отложениям // Докл. РАН. — 2014. — Т. 457, № 6. — С. 732–735.
25. Птицын А. Б., Решетова С. А., Бабич В. В., Дарьин А. В., Калугин И. А., Овчинников Д. В., Паниzzo В., Мыглан В. С. Хронология палеоклимата и тенденции аридизации в Забайкалье за последние 1900 лет // География и природ. ресурсы. — 2010. — № 2. — С. 85–89.
26. Базарова В. Б., Гребенникова Т. А., Орлова Л. А. Динамика природной среды бассейна Амура в малый ледниковый период // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 3. — С. 124–132.

Поступила в редакцию 7 декабря 2016 г.