

О.И. БАЖЕНОВА, А.А. ЧЕРКАШИНА

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, bazhenova_o49@mail.ru, anna_cher.87@mail.ru

ГОЛОЦЕНОВЫЙ МОРФОЛИТОГЕНЕЗ ОНОН-ТОРЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

По данным многолетних стационарных исследований и литологическим записям опорных разрезов выполнена реконструкция морфолитогенеза Онон-Торейской равнины в голоцене. Выявлена ритмичность функционирования геоморфологических систем, выражающаяся в закономерной смене динамических фаз рельефообразования. Получены характеристики морфологических, литологических и динамических параметров каждой фазы и определена последовательность их смены в рамках геоморфологических циклов разных иерархических уровней. Самый крупный цикл, охватывающий весь голоцен, на Онон-Торейской равнине наиболее полно представлен в разрезах долин рек Ималка и Онон. Особенно четко по времени формирования палеопочв в эоловых отложениях выделяются 1800-летние циклы. Смена условий эоловой аккумуляции в разрезах дюн происходит каждые 260 лет, а пролювиальные и пролювиально-солифлюкционные отложения атлантического и субатлантического периодов в устьях падей, открывающихся в котловину оз. Зун-Торей и долину р. Буйлсан, фиксируют 130-летние и внутривековые брикнеровские циклы продолжительностью около 50 лет. Составлена региональная принципиальная схема чередования в голоцене экстремальных флювиальных и аридных фаз с нормальными зональными динамическими фазами рельефообразования. Флювиальные горизонты слагают нижнюю часть отложений голоценового макроцикла. Мощный флювиальный снос отмечался в предбореальный и атлантический периоды голоцена, а также в переходное время от атлантического периода к суббореальному. Нормальная зональная фаза интеграции вещества в системах отмечается погребенными гумусовыми горизонтами почв. Региональное развитие получили почвы, возраст которых около 8 и 6,4, а также 1,2–1,4 тыс. кал. л. н. Установлена тенденция к сокращению площади озер и повышению в морфолитогенезе роли эоловых процессов на фоне общей аридизации климата за последние 10 тыс. лет. По данным радиоуглеродного датирования получены скорости осадконакопления. В целом показана высокая динамичность морфолитогенеза в степях Центральной Азии, вызывающая выравнивание рельефа.

Ключевые слова: голоцен, радиоуглеродное датирование, погребенные почвы, флювиальные события, эоловые процессы, динамические фазы рельефообразования.

O.I. BAZHENOVA, A.A. CHERKASHINA

V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664000, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, bazhenova_o49@mail.ru, anna_cher.87@mail.ru

HOLOCENE MORPHOLITHOGENESIS OF THE ONON-TOREI PLAIN

On the basis of long-term station-based studies and soil-sedimentary sequences, a reconstruction of the morpholithogenesis of the Onon-Torei plain in the Holocene was performed. A rhythmicity of the functioning of geomorphological systems is revealed. It manifests itself in a regular change in the dynamic phases of relief formation. Characteristics of morphological, lithological and dynamic parameters of each phase are obtained. The sequence of their change in geomorphological cycles at different hierarchical levels is determined. It is shown that the largest cycle, encompassing the entire Holocene, on the Onon-Torei plain is most fully represented in sections of the valleys of the Imalka and Onon rivers. In eolian deposits, 1800-year cycles are especially clearly pronounced by periods of pedogenesis. A change in the conditions of aeolian accumulation in dune sections occurs every 260 years. In the mouths of the ravines opening into the basin of Lake Zun-Torei and the valley of the Builesan river, in the proluvial and proluvial-solifluction deposits of the Atlantic and Subatlantic periods, 130-year and intra-secular Brickner cycles are recorded, the duration of which is about 50 years. A regional scheme of alternation in the Holocene of extreme fluvial and arid phases with normal zonal dynamic phases of relief formation has been compiled. The horizons of fluvial genesis comprise the lower part of the sediments of the Holocene macrocycle. A strong manifestation of fluvial processes was noted in the Preboreal and Atlantic periods of the Holocene as well as in the transitional time from the Atlantic to the Subborial period. The normal zonal phase of matter integration in systems is evidenced by buried humus soil horizons. Soils aged about 8 and 6.4 as well as 1.2–1.4 thousand calendar years ago received regional formation. A tendency towards a reduction in the area of the lakes and an increase in the role of eolian processes against the background of a general aridization of the climate over the past 10 thousand years has been established. According to radiocarbon dating, sedimentation-accumulation rates were obtained. In general, the high dynamism of morpholithogenesis in the steppes of Central Asia is shown, which causes planation.

Keywords: Holocene, radiocarbon dating, paleosoils, fluvial phases, aeolian processes, dynamical phases of morpholithogenesis.

ВВЕДЕНИЕ

Даурская степь, выбранная В.Б. Сочавой для организации первого в Сибири географического стационара, сегодня сохраняет свои ключевые позиции экспериментального полигона высокого международного уровня. Она служит эталоном степного центральноазиатского типа географической среды, сочетающего черты горных и равнинных степей и на территории России не имеющего аналогов. Даурия одновременно принадлежит к нескольким крупным региональным природным системам, таким как бассейн р. Амур и область внутреннего стока Центральной Азии. Здесь сфокусировано несколько переходных зон — южная граница криолитозоны и северные пределы обширной аридной области. Все это обуславливает высокую динамичность природных процессов.

Геосистемы Даурской степи отличаются чрезвычайно сложной временной организацией, поэтому особую ценность как исследовательский полигон район приобретает при изучении временной организованности рельефообразования. Базовой основой такого исследования служат материалы многолетних полевых наблюдений на Харанорском стационаре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, выступающие связующим звеном между прошлым и будущим. За прошедший полувековой период стационарных (до 1980 г.), полустационарных и маршрутных географических исследований в этом районе получена уникальная база данных, позволяющая глубже раскрыть механизм функционирования геосистем и понять особенности их временной структуры. Она послужила основой для построения моделей функционирования геоморфологических систем [1].

На примере малого литосборного бассейна пади Веснянка установлено, что функционирование системы включает три фазы с различным механизмом обмена веществом и энергией между элементами системы и внешней средой, направлением движения и расходом вещества в литодинамических потоках. Продолжительность одного полного цикла функционирования составляет 27–35 лет. За это время система последовательно проходит экстремальную флювиальную, нормальную зональную и экстремальную аридную фазы, положение которых однозначно определяется на кривой хода увлажнения степей Центральной Азии [1]. Эти фазы для нас являются кодом для расшифровки голоценовой летописи морфолитогенеза. Расшифровка стала возможной в результате детального изучения 18 опорных разрезов голоцена, выполненного в степях Даурии в 2013–2015 гг. При этом большое внимание уделялось выбору мест заложения разрезов на пути геоморфологического транзита и аккумуляции вещества. Для таких исследований наилучшим образом подходят малые флювиальные бассейны и бессточные бассейны озер небольших размеров, включающие пади временных водотоков и долины малых рек, так как в них хорошо сохраняется интегральная информация, представленная ранее в наших публикациях [2, 3].

Для получения более полной картины динамики рельефа в степях Даурии в голоцене необходимо выполнить реконструкцию палеогеографических событий для Онон-Торейской равнины. Она выступает ареной колебания уровней Торейских озер [4] и развития широкого спектра не только экзогенных геоморфологических процессов [5], но и блоковых эндогенных, составляющих клавишную неотектонику чаши Торейских озер [6]. Онон-Торейская равнина представляет большой интерес и для геoarхеологии, что повышает научное значение ожидаемых реконструкций. Здесь сконцентрировано несколько сотен разновременных и разнохарактерных археологических памятников, отличающихся своеобразной геоморфологической позицией и обилием палеонтологического материала. Среди них выделяются стоянки с поверхностным культурным горизонтом, подверженным дефляции, многочисленные стоянки озерного пояса, погребенные в эоловых песках [7]. На рассматриваемой территории видны следы активного озерного, флювиального, эолового, криогенного и биогенного рельефообразования. Цель настоящего исследования — реконструкция геоморфологических событий голоцена в Даурии по данным опорных разрезов Онон-Торейской равнины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Онон-Торейская равнина расположена на юге Восточного Забайкалья (рис. 1). Она представляет собой северный выступ равнин Центральной Азии, вдающихся с юга в пояс гор Южной Сибири с ярко выраженным своеобразием условий и процессов рельефообразования. Большая часть территории бессточна. Абсолютная высота рельефа 596–902 м. Равнина отличается сложным геолого-тектоническим строением [5, 6]. Рельеф сформирован на жестком основании Агинской плиты с блоковой структурой, представленной Средне-Ононской и Торей-Хухунорской депрессиями, Онон-Борзинским, Борзя-Торейским и Дэлте-Улинским краевыми поднятиями. Макроструктуры разделены блокоразде-

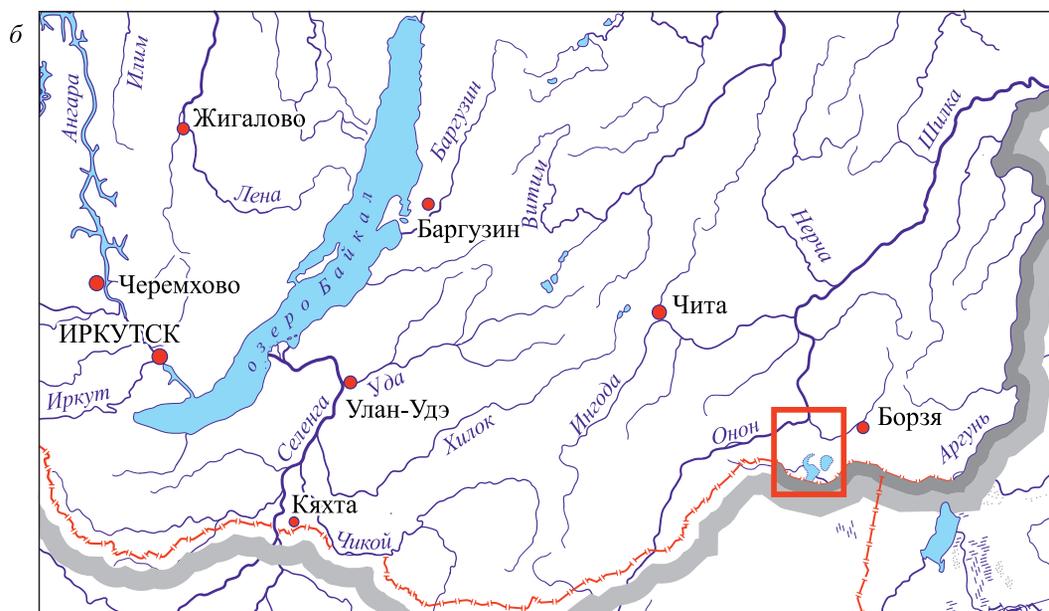
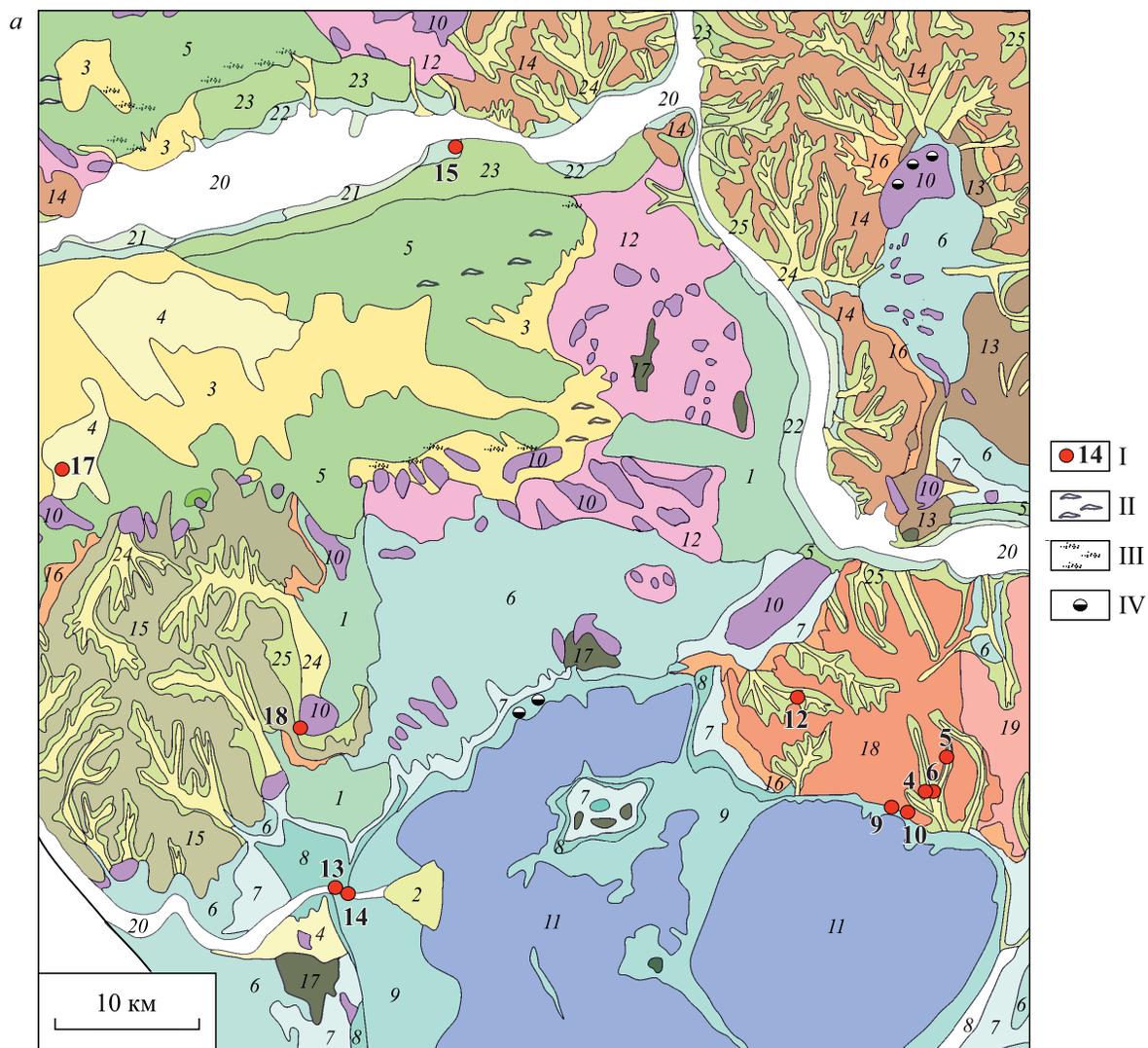


Рис. 1. Геоморфологическое строение Онон-Торейской равнины (а) и ее положение на юге Забайкалья (б).

I — положение и номер разреза; II — крупногрядовый эоловый рельеф; III — доны; IV — криогенный микро-рельеф. Равнины. Аккумулятивные: 1 — аллювиальная с озерной переработкой, 2 — дельтовая современная, 3 — полигенетические с мелкогрядовым эоловым рельефом (закрепленным), 4 — полигенетические с крупногрядовым эоловым рельефом (закрепленным), 5 — озерно-аллювиальные без значительной эоловой переработки, 6 — озерные равнины, приуроченные к уровню 650–690 м (IV терраса), 7 — озерные равнины, приуроченные к уровню 640 м (III терраса), 8 — озерные равнины, приуроченные к уровню 627 м (II терраса), 9 — озерные равнины низких уровней (I терраса), 10 — современные солончаково-озерные ванны, 11 — современные озерные равнины, затопленные Ново-Торейской трансгрессией; денудационные: 12 — мерзлотно-ниваационного выравнивания, 13 — пенелены полигенетического выравнивания с фрагментами палеогеновой коры выветривания. Низкогорья: 14 — горные массивы, сложенные гранитами, магматическими и метаморфическими породами палеозоя, 15 — слабодисциплинированные поверхности выравнивания со щебнисто-суглинистыми современными корами выветривания, 16 — склоны-сбросы, переработанные дефлюкционно-солифлюкционными, склоновыми и эрозионными процессами, 17 — останцовые горы. Вулканические образования палеозойского возраста: 18 — бронированные плато и слабодисциплинированные вулканические массивы, 19 — поверхности выравнивания с фрагментами глинистых кор выветривания. Долины крупных рек: 20 — пойма, 21 — I терраса (15–20 м), 22 — II терраса (35–40 м), 23 — III терраса (60 м). Долины временных водотоков (пади): 24 — днища падей, суходолы, 25 — склоны падей, переработанные дефлюкционными и солифлюкционными процессами.

ляющими разломами, выраженными долинами рек Онон, Борзя и Ималка, крупными падами, цепочками озер, ключей и солончаков, а также значительными градиентами высот. Влияние большого набора факторов на ход экзогенного рельефообразования обеспечивает высокую динамичность геоморфологических систем, смену направлений перемещения вещества. Для района были характерны неоднократные перестройки гидрографической сети, обусловленные колебаниями климата и тектоническими движениями земной коры. Во время этих перестроек сток рек менял свое направление, возникали и исчезали крупные озерные бассейны [4, 5].

Территория представляет собой полигенетическую равнину субэдральной дельты. Это огромный конус выноса пра-Онона, наложенный на сформировавшийся высотный уровень, когда Онон тек с гор Эрмана [5]. В моделировке поверхности равнины принимало участие большое количество экзогенных процессов, среди них следует отметить озерные и флювиальные, представленные работой различных водных потоков, что нашло отражение в структуре рельефа. При составлении схемы (см. рис. 1) использовались материалы ряда исследователей [8–10].

В результате взаимодействия широкого спектра геоморфологических процессов на Онон-Торейской равнине и ее низкогорном обрамлении сформировался своеобразный рельеф, в котором выделяются ансамбли форм разного генезиса, отражающие влияние многих факторов в различные этапы рельефообразования (см. рис. 1). С севера на юг закономерно происходит сокращение площади аллювиальных равнин и увеличение озерных. В пределах субэдральной дельты активно действовали эоловые процессы. Закрепление древнего эолового рельефа способствовало его сохранению до нашего времени. Лучше всего крупногрядовый эоловый рельеф сохранился в пределах сосновых массивов.

Мощность рыхлых отложений на Онон-Торейской равнине колеблется от 3 до 50 м. Нижние части разрезов представлены корами выветривания палеозойских пород. Это в различной степени щебнистые пестрые глины, обломки сильно выветрелы. Выше следуют красноцветные отложения чикойской свиты. Поверхностные отложения субэдральной дельты представлены перевеянными песками и супесями собственно дельты и верхних частей «белесой» и «забайкальской» толщ [5, 10]. Пески дюн иногда бесструктурны или с неясной горизонтальной слоистостью (чаще же имеют конвергентную структуру). Мощность грядовых песков достигает 8–12 м. Дюны остепненных участков сложены песчано-супесчаным материалом с четкими гумусированными прослоями горизонтов погребенных почв. Мощность отдельных горизонтов достигает 0,3–0,5 м. Большое участие в строении покровных образований принимают солифлюкционные отложения [5, 8]. Южнее «озерного пояса» равнина имеет главным образом озерный генезис, но есть и переходные аллювиальные участки с озерной переработкой (двучленное строение отложений).

Окружающая равнину низкогорья расчленяют пади с руслами временных водотоков, к тальвегу которых приурочены малые эрозионные формы рельефа — донные промоины, реже овраги. Пади выполнены делювиальными и пролювиальными отложениями с участием эоловых. В них широко распространены родниковые наледи, гидролакколиты и термокарстовый микрорельеф, указывающие на большое участие криогенных процессов в преобразовании рельефа рассматриваемой территории.

Для расшифровки голоценового морфолитогенеза Онон-Торейской равнины особое внимание нами уделялось анализу отложений из зон флювиального и эолового транзита и аккумуляции вещества — крупных речных долин и эоловых коридоров. Положение разрезов показано на рис. 1. Озерные и эоловые отложения дифференцировались по совокупности литологических признаков — гранулометрическому составу, структуре залегания и цвету. Для первых характерен тяжелый механический состав, часто сизоватый цвет и плитчатая структура, для вторых — супесчано-легкосуглинистый характер, отсутствие грубообломочных включений, желтоватая цветовая гамма и призматическая структура, вызванная облёссованием.

Большое внимание уделялось анализу погребенных почв. При этом изучались строение, содержание и состав гумуса палеопочв, прежде всего соотношение гуминовых и фульвокислот (Сгк/Сфк) для получения информации о климатических условиях их формирования. Абсолютный возраст погребенных почв установлен в Санкт-Петербургском государственном университете сцинтилляционным методом по углероду гуминовых кислот. Значения календарного возраста переведены в калиброванные с использованием программы CalPal2007_HULU Кёльнского университета.

Также проведено обобщение опубликованных материалов по голоцену других исследователей по сопредельным районам Юго-Восточного Забайкалья и Монголии [11–17]. Возможность их использования определяется общностью геоморфологического развития этой равнинной территории [17], относящейся к Онон-Аргунской физико-географической провинции Центральной Азии [18]. Колебания климата в четвертичный период здесь происходили синхронно [19]. Для Даурии характерен также синхронный ход природных процессов, обусловленный климатическими колебаниями и в настоящее время [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Два разреза были изучены в приустьевой части долины р. Ималки (рис. 2). Разрез *13* заложен в устье русла реки вдоль левого борта ($50^{\circ}06'12,5''$ с. ш. $115^{\circ}19'25,9''$ в. д.). Отложения мощностью 2 м охватывают по времени весь голоцен. Генетически они делятся на четыре толщи (см. рис. 2, *а*). Нижняя галечниково-гравелистая толща с хорошо промытым песком с глубины 190 см (и ниже) имеет озерный генезис. Это отложения II озерной террасы Торейских озер, в которые врезано русло Ималки (см. рис. 1). Ориентировочно возраст этой пачки отложений будет соответствовать второй половине сартанского криохрона отложений II озерной террасы Торейских озер [10]. Озерный генезис пачки также подтверждается тем, что хорошо окатанная галька имеет уплощенную (озерную) форму, кроме того, повышенное содержание карбонатов характерно для соленых озер [21]. Выше, в интервале 122–190 см, расположена толща руслового аллювия р. Ималки, закончившая свое формирование в конце первой трансгрессивной озерной фазы голоцена [3]. Отложения представлены чередованием галечниково-гравелистых линз и слоев с хорошо промытым крупнозернистым песком с обилием железистых конкреций и марганцево-железистых кутан на поверхности галек. Отсутствие карбонатов и органического вещества (см. рис. 2, *а*) указывает на то, что отложения формировались в условиях хорошего промывного режима.

В интервале 47–122 см залегает толща белесо-палевой мелкослоистой, местами плитчатой супеси. Вверх по разрезу для толщи характерен значительный рост содержания карбонатов, пятен ожелезнения и затеков, что указывает на повышение застойного режима в условиях чередования пойменной и озерной фазы осадконакопления.

Верхняя толща на глубине 0–47 см представлена чередованием гумусовых горизонтов с серой пылевой супесью. Супесь неоднородна по цвету, для нее характерны пятна ожелезнения и конкреции. Снизу вверх в толще отмечается постепенное снижение содержания карбонатов и происходит рост органического вещества в гумусовых горизонтах с 0,5 почти до 2 % (см. рис. 2, *а*).

Разрез *14* расположен также в устье русла р. Ималки, вдоль левого борта ($50^{\circ}5'59''$ с. ш. $115^{\circ}20'2,83''$ в. д.). Разрез детально показывает взаимодействие процессов в субатлантический период голоцена. Нижняя часть отложений на глубине 137–173 см представлена чередованием косослоистых гравелисто-крупнопесчаных линз русловой фации с углистыми прослоями оглеенных песков. В средней части разреза, на глубине 70–137 см, вторая толща, сформированная позднее рубежа 2170 л. н., фиксирует чередование пойменных отложений с гумусовыми горизонтами. В слое отчетливо видны проявления глеевого процесса в виде охристых пятен и пропиток. И наконец, в верхней, 70-сантиметровой толще (см. рис. 2, *б*) залегает серия гумусовых горизонтов аллювиальных почв, чередующихся с прослойками речного песка. В данной пачке отложений также видны линзы и тонкие прослойки

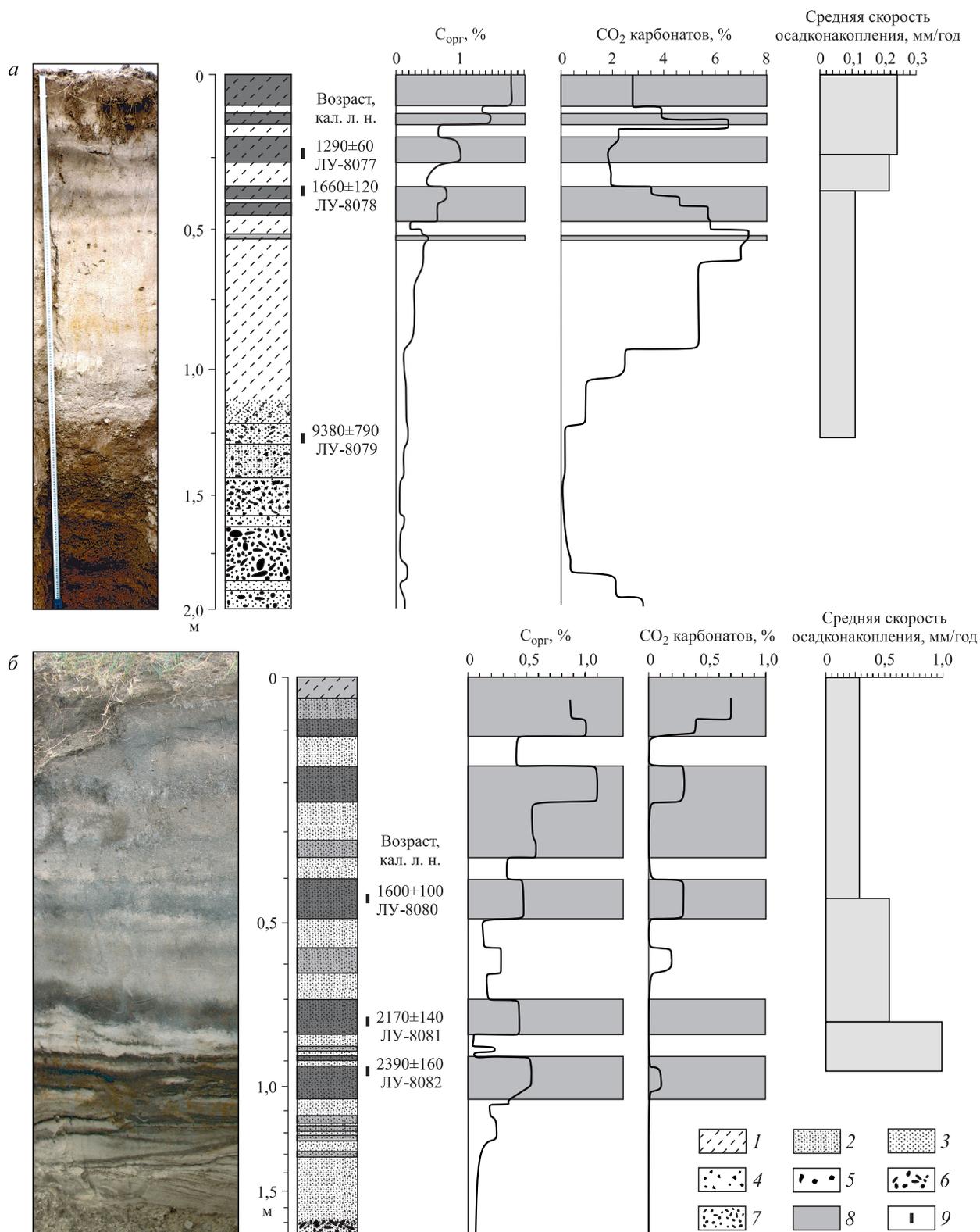


Рис. 2. Строение, абсолютный возраст, скорость осадкообразования и физико-химические свойства отложений разрезов 13 (а) и 14 (б) в долине р. Ималки.

1 — супесь; 2 — песок; 3 — щебень; 4 — гравий; 5 — гумусированный материал; 6 — песок связный; 7 — дресва; 8 — галька; 9 — отбор пробы на ^{14}C .

эоловых супесей, отличающихся от сизовато-серых аллювиальных отложений с желтовато-палевой окраской. Несмотря на низкое содержание карбонатов, в верхней части профиля заметны солевые выцветы. Таким образом, данную почву можно классифицировать как аллювиальную дерновую солончаковатую. В целом верхняя толща мощностью 70 см образована в результате многократной смены эоловых и пойменных отложений с гумусовыми горизонтами со средней скоростью 0,3 мм/год.

Интересные результаты были получены при изучении разреза 15 (50°32'24" с. ш. 115°18'55,9" в. д.), заложенного в овраге, расчленяющем II надпойменную террасу р. Онон близ с. Чиндант. Преимущественно песчаные отложения разреза разделяются на восемь пачек. Из отложений получены три радиоуглеродные датировки, позволившие рассчитать скорости осадконакопления. По этим данным, предположительно, нижняя русловая фация аллювия, залегающая с глубины 277 см и ниже (рис. 3, а), представленная гравийно-галечниковыми отложениями с крупным песком, соответствует сартанскому криохрону [10]. В интервале 241–277 см залегают пачка аллювиального средне- и мелкозернистого песка с включением гравия и крупнозернистого песка, осадконакопление которой продолжалось в условиях преимущественно пойменного режима. Ее формирование могло иметь место в позднеледниковое время, возможно 14–13 тыс. л. н. Следующая пачка отложений в интервале 179–241 см сформирована при циклическом чередовании продолжительных периодов делювиального (субаэриального) осадконакопления желтовато-палевых песков с многочисленными карбонатными выцветами с кратковременными периодами активизации флювиальной деятельности, в течение которых происходило образование линз крупного песка. Пачка включает три таких цикла, а время окончания формирования всей пачки могло завершиться около 10 тыс. л. н., когда закончилась эпоха высокого увлажнения в начале голоцена [3].

Выше, в интервале 107–179 см, залегают мощная пачка неоднородных по цвету и гранулометрическому составу пористых мелкозернистых эоловых песков с плотной супесью. Для отложений характерны гумусированные затеки из вышележащего горизонта по трещинам и ходам насекомых, инкрустированные карбонаты по трубчатым порам и карбонатные трубочки по корням растений. Отмечаются также железистые конкреции и включения гравия в гумусовом клине. Время формирования этой пачки закончилось около 5 тыс. кал. л. н. Далее в разрезе, в интервале 49–107 см, расположена черноземная почва, представленная темно-серой супесью призматической структуры с включением гравия и крупного песка. Ее возраст надежно подтверждается радиоуглеродными датировками 5020 кал. л. н. в начале и 1310 кал. л. н. в конце формирования почвы. Оно происходило при периодическом поступлении минерального субстрата (по синлитогенному типу), о чем свидетельствует высокая скорость осадконакопления (0,15–0,21 мм/год), значительное количество дресвы и сравнительно низкое для черноземов содержание органического вещества (0,4–0,75 %). Несмотря на отсутствие свойственной черноземам комковато-зернистой структуры, в горизонте отчетливо видны следы деятельности мезофауны и кротовины, встречаются копролиты. Карбонаты отсутствуют. Сверху на почве залегают пачка слоистого пролювиального песка призматической структуры с включением гальки, гравия и мелкого песка. Горизонт перекрыт трехсантиметровым прослоем грубого органического слабо разложившегося материала, возраст которого 160 ± 90 кал. л. н. (см. рис. 3, а). Следует заметить, что в разрезе 17 на северо-западе равнины встречен такой же прослой, сформированный в это же время. Разрез венчает пачка эоловых желтовато-серых мелких песков в интервале 0–26 см.

Детально об активном морфолитогенезе на песчаных аккумулятивных участках Онон-Торейской равнины в середине атлантического периода голоцена, охватывающего интервал между 7 и 8 тыс. л. н., можно судить по строению разреза 16 (50°32'24" с. ш. 115°18'55,9" в. д.), зачищенного в карьере, расположенном на склоне, обращенном к пади временного водотока у с. Буйлэсан. Падь открывается в долину р. Ималки. Мощность песчаных отложений около 5 м. Их формирование происходило под действием флювиальных и криогенно-склоновых процессов. Максимальные значения скорости осадконакопления достигали 2,7 мм/год. Четко выделяется четыре толщи (см. рис. 3, б). Верхняя толща мощностью около 1 м (97 см) сложена желто-серым средне- и мелкозернистым делювиальным песком с редкими тонкими прослойками слабогумусированных отложений (содержание $C_{орг}$ около 0,2 %). Вторая толща мощностью около 1,8 м формировалась в условиях высокого уровня подземных вод. Она представлена чередованием гумусированных крапчатых песков, часто ожелезненных, иногда с включением углистых линз и пролювиальных горизонтов с желтым мелкозернистым песком. Вниз по разрезу этой толщи крапчатость возрастает, появляется псевдофибровый железистый песок. Из гумусового горизонта получен возраст формирования средней части толщи — 7060 ± 160 кал. л. н. Содержание $C_{орг}$ в гумусовых прослоях повышается в среднем в два раза по сравнению с верхней толщей.

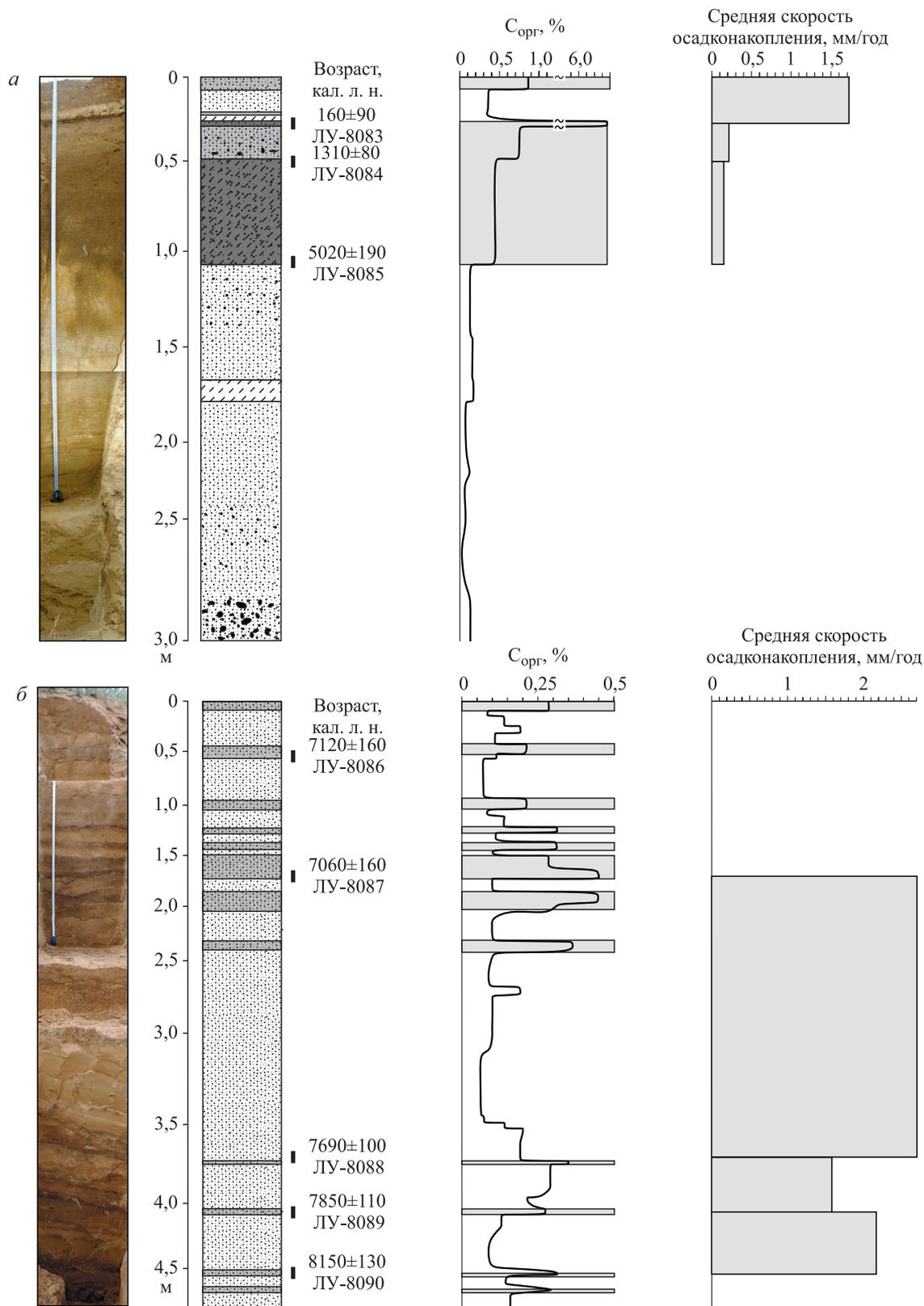


Рис. 3. Строение, абсолютный возраст, скорость осадкообразования и физико-химические свойства отложений разрезов 15 (а) и 16 (б).

Усл. обозн. — см. рис. 2.

Отложения третьей толщи мощностью около 40 см формировались под действием пролювиальных потоков, так как они представлены крупным, хорошо отмытым песком. Они отличаются высокой скоростью аккумуляции (более 2,5 мм/год). Нижняя, четвертая толща мощностью 1,30 м представлена слоистыми отложениями, сильно наклоненными (12°) к днищу пади. В ней чередуются тонкие гумусированные, иногда углистые горизонты с желтовато-бурым песком, на нижней границе гумусовых горизонтов встречается охристая кайма, отложения часто ожелезнены. Скорость накопления отложений этой косослоистой толщи составляла 1,6–2,2 мм/год. Они образованы в условиях чередования пролювиальных потоков и криогенно-склоновых (солифлюкционных) сплывов переувлажненных отложений по поверхности мерзлоты. Для них характерна ярко выраженная ритмичность осадконакопления, представленная брикнеровскими циклами (примерно 50 лет), и высокая скорость (более 2,5 мм/год). Структура разреза показывает, что отложения сформированы в зоне интенсивной миграции вещества в условиях высокой влажности и широкого развития мерзлоты. Сходное строение имеет и разрез отложений 18 мощностью более 4 м в котловине оз. Ару-Торум.

Для оценки роли эоловых процессов в голоценовом рельефообразовании были исследованы разрезы в различных зонах эоловой миграции вещества. Наиболее полный, охватывающий весь голоцен разрез 12 заложен в днище средней части пади Нарин-Кундуй. Падь ориентирована с юго-востока на северо-запад, ее устье открывается навстречу господствующим ветрам, поэтому движение эолового материала наблюдается снизу вверх от устья по пологому продольному профилю сухой долины. Периодически, во влажные периоды, отмечается кратковременное обратное перемещение материала вниз по пади водными потоками, о чем свидетельствуют плавные изгибы тальвега пади и строение отложений (рис. 4, а). Однако преобладающим является медленное поступательное движение своеобразных долинных эоловых потоков вдоль направления господствующих ветров. Нижняя толща разреза мощностью 40 см представлена песчаными слоистыми отложениями с тонкими гумусированными прослойками, сформированными в условиях застойного водоема. На это указывают охристые пятна и железо-марганцевые конкреции. Возраст самого нижнего горизонта оглеенных отложений, с характерной плитчатой структурой, определен расчетным путем, составляет около 11 тыс. кал. л. н. Продолжительность застойного режима, зафиксированная в разрезе, может достигать примерно 360 лет. Он сменился активизацией деятельности ветра, о чем свидетельствует залегающая выше по разрезу пачка эоловых средних и мелких пылеватых бесструктурных песков мощностью 23 см. Следующая мощная толща отложений призматической структуры в интервале 192–364 см представлена чередованием трех погребенных почв, разделенных между собой горизонтами эоловой супеси.

По данным радиоуглеродного анализа, закономерная смена периодов активного развития эоловых процессов и этапов их стабилизации, когда происходило почвообразование, началась около 10 230 кал. л. н., а закончилась 5780 кал. л. н. Почвы хорошо диагностируются в разрезе по цвету и содержанию углерода (см. рис. 4, а). Возраст двух верхних почв совпадает с возрастом почв, исследованных в эоловых отложениях разреза 4 в пади Крементуй [2]. Выше по разрезу залегают почти двухметровая толща преимущественно эоловых желтовато-серых супесей с неясно выраженной структурой и с включением крупного окатанного песка в тонких прослоях верхней части толщи. В целом результаты демонстрируют усиление эоловых процессов во второй половине голоцена.

Разрез 17 расположен в северо-западной части Онон-Торейской равнины, на участке с аккумулятивным рельефом дюн ($50^\circ 22' 58,8''$ с. ш. $114^\circ 59' 18,8''$ в. д.) (см. рис. 1). В настоящее время на антропогенно нарушенных участках пески пришли в движение. Разрез заложен в центральной части дюны в колее дороги, секущей дюну вдоль ее длины. Высота дюны варьирует в интервале от 743,8 до 752 м. Отложения представлены слоистым песком конвергентной структуры, являющейся четким (надежным) признаком их эолового генеза [22]. Слои различаются по цвету, включению углей, содержанию гумуса, ожелезнению. Сверху залегают горизонтальная толща мелкого пылеватого, слегка гумусированного эолового песка мощностью 36 см, содержащая на глубине 20–27 см серый гумусовый горизонт ($C_{орг}$ 0,8 %) с включением крупных древесных углей. Далее, в интервале 36–109 см, наблюдается мощная однородная сухая толща желтых эоловых плотных песков, практически не содержащих углерода, с редкими включениями угля. При средней скорости осадконакопления 0,6 мм/год ее формирование закончилось около 1800 кал. л. н. Ниже этой толщи все отложения имеют конвергентную структуру: слои задраны вверх под углом $17-18^\circ$, что указывает на преобладающую аккумуляцию эолового материала за последние 5 тыс. лет (см. рис. 4, б). Следует отметить, что вниз по разрезу за счет углистых прослоев более ярко выражена ритмичность осадконакопления. Снизу вверх до глубины 109 см четко выделяется 11 циклов рельефообразования, продолжительность каждого около 260 лет.

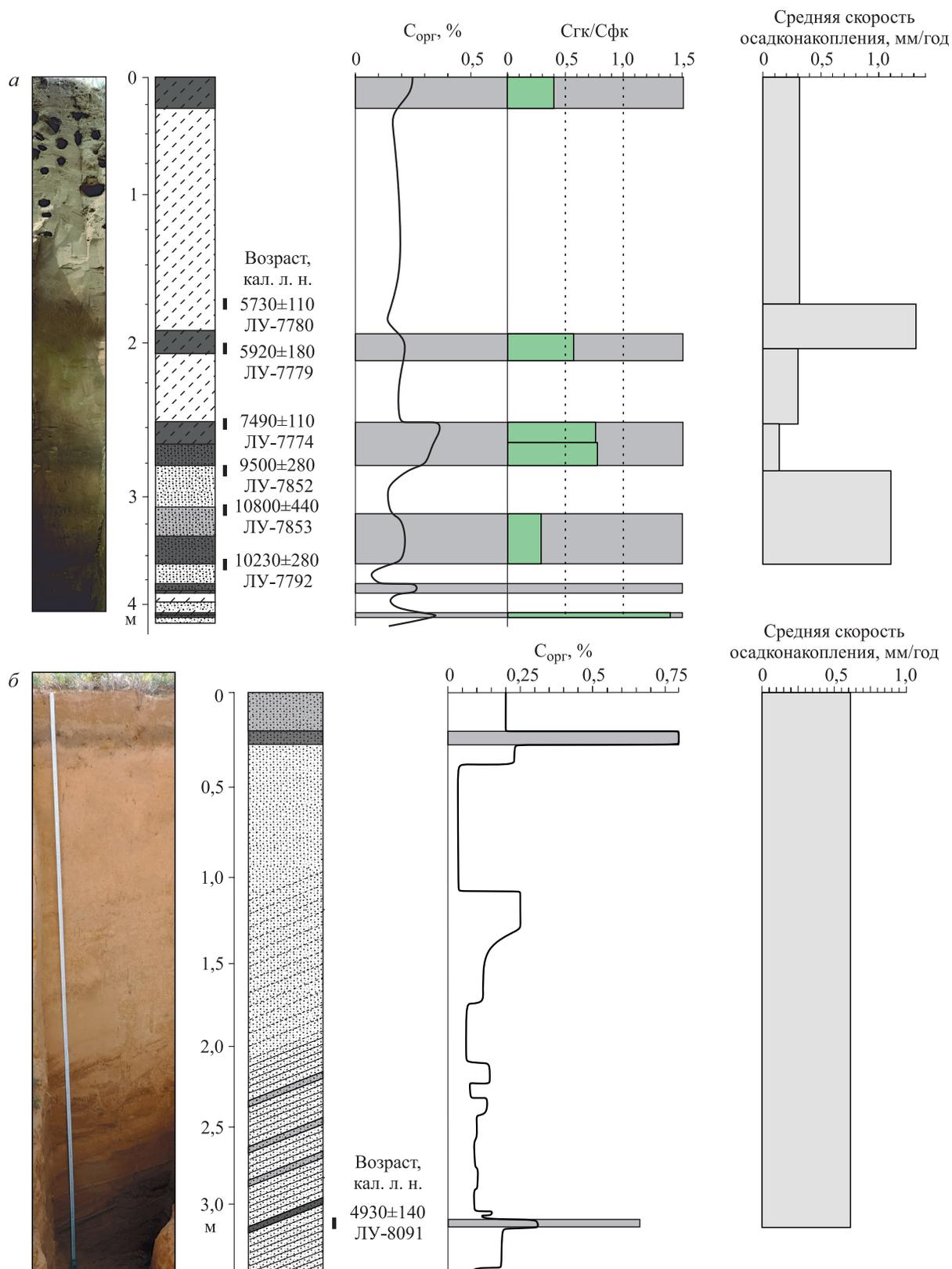


Рис. 4. Строение разрезов 12 (а) и 17 (б), заложенных в зонах эоловой миграции вещества.

Усл. обозн. — см. рис. 2.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Представленные выше разрезы отражают функционирование на Онон-Торейской равнине в голоцене флювиальных и эоловых систем. Для получения более полной картины голоценового морфолитогеनेза в степях Даурии необходимо объединить полученные данные с учетом всех процессов, чтобы показать роль не только каждого процесса, но и их взаимодействия. Для этого рассмотрим смену динамических фаз рельефообразования в голоцене в рамках единой региональной принципиальной схемы. На этой схеме в виде отдельных столбцов показано изменение функционирования озерных, флювиальных и эоловых систем на протяжении последних 11 тыс. лет (рис. 5). На основе выполненного нами ранее анализа отложений озерных котловин Даурии и Северо-Восточной Монголии [3] на рис. 5 представлена динамика озерных бессточных бассейнов Даурии в голоцене. В их функционировании выделяется три макроцикла, охватывающих ранний, средний и поздний голоцен. Каждый микроцикл включает трансгрессивную и регрессивную фазы (см. рис. 5, А). Фазы, которые контролируются климатическими колебаниями, взяты в качестве базового ориентира для выяснения закономерностей голоценового рельефообразования в степях Даурии.

Более детально рассмотрена смена динамических фаз флювиального рельефообразования (см. рис. 5, Б, В). Установленные флювиальные события, как правило, подтверждаются результатами исследования нескольких разрезов. Так, по разрезам 13 и 15 хорошо выделяется русловая фаза врезания

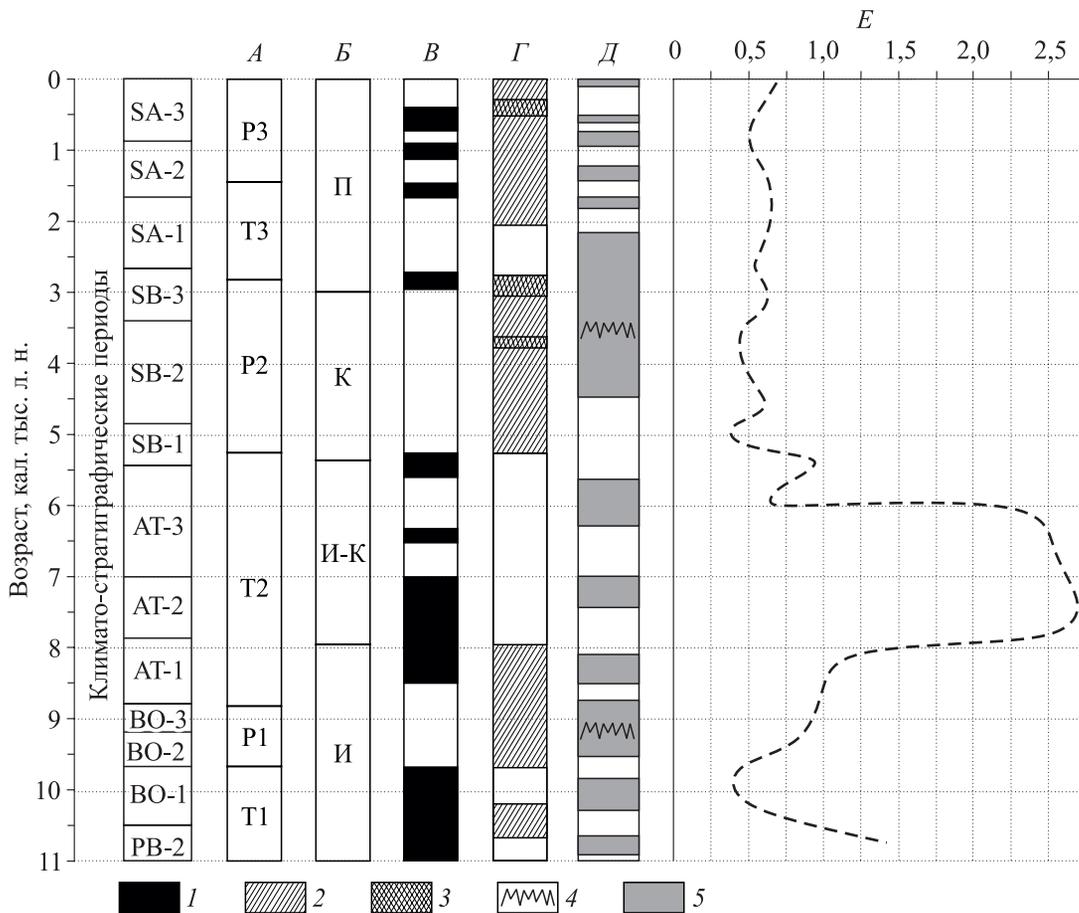


Рис. 5. Смена динамических фаз экзогенного рельефообразования в степях Даурии в голоцене на фоне изменения почвенно-климатического индекса.

А — смена процессов в озерных бассейнах, по [3]; Б — направленность флювиального рельефообразования, по [10, 24]; В — флювиальные события; Г — фазы активизации эоловых процессов; Д — зональные фазы интеграции вещества в системах и формирования почв; Е — изменение почвенно-климатического индекса (соотношение гуминовых и фульвокислот — Сгк/Сфк). Фазы: И — инстративная, И-К — инстративно-констративная, К — констративная, П — перстративная. 1 — фазы флювиальной активности; 2 — эоловые процессы аридных фаз; 3 — интенсивная дефляция; 4 — активизация криогенеза; 5 — формирование почв.

рек Ималка и Онон (инстративная фаза, по [23]), продолжавшаяся до окончания трансгрессивной озерной фазы раннего голоцена (9700 кал. л. н.). Следующая активизация флювиальной деятельности (АФД) фиксируется в отложениях голоцена с 8,5 до 7 тыс. кал. л. н. Наиболее полно она представлена балочным аллювием в пади Веснянка (разрез 11) [2], пролювиально-солифлюкционными отложениями пади Буйлэсан (разрез 16) и овражным аллювием в устье пади Безымянная-2 (разрез 10) [2]. В позднем голоcene продолжительность периодов АФД сокращается (см. рис. 5, В), и в разрезах фиксируются в основном экстремальные флювиальные события. К ним относятся катастрофический селевой снос в пади Крементуй в переходное от атлантического к суббореальному периоду время (разрез 6) [2] и высокая активность русловой деятельности в долине Онона (разрез 15). В переходное же от суббореального к субатлантическому периоду время отмечается повышение флювиальной деятельности в долине Ималки (разрез 14). В субатлантический период голоцена следы интенсивных флювиальных событий хорошо фиксируются в отложениях пролювиальных шлейфов в устьях падей, открывающихся в котловину оз. Зун-Торей (разрезы 8–10) [2]. В целом анализ отложений разрезов демонстрирует закономерную смену на протяжении голоцена направленности флювиального рельефообразования в речных долинах Даурии, установленную для соседних районов Юго-Восточного Забайкалья [10] и Монголии [17]. Это проявляется в последовательной смене динамических фаз за последние 11 тыс. лет от инстративной (фаза врезания) к инстративно-констративной (чередование процессов врезания и аккумуляции аллювия), далее к констративной (фаза аккумуляции аллювия) и, наконец, перстративной фазе динамического равновесия (см. рис. 5, Б).

Развитие эоловых процессов в голоcene в степях Даурии было также неравномерным и подчинилось режиму изменения увлажненности территории. Периоды повышенной интенсивности процессов сменялись периодами затухания дефляции и снижения ее воздействия на окружающую среду. В первом приближении усиление эоловых процессов происходит в противофазе к флювиальной активности. В Даурии, как и в соседних районах Восточной Монголии, дефляция достигала максимума в бореальный и суббореальный периоды голоцена [24]. По данным детального изучения разрезов на Онон-Торейской равнине, а также по строению пойм малых рек Иля и Ага, отложений озер Ножий и Зун-Соктуй в Агинской степи [13, 14] и оз. Хара-Нур выделяются периоды усиления эоловых процессов во второй половине голоцена — 4500, 2000–3000 л. н. и в XIV–XVII вв. [3, 11]. Накопление эоловых отложений в пади Крементуй началось после формирования верхней погребенной почвы, возраст которой 2910 ± 320 кал. л. н. (ЛУ-7457) [2]. Наконец, согласно данным по соседним районам Монголии, именно на рубеже около 3000–3400 л. н. значительно возрастает аридизация климата — сокращаются проточность и размеры оз. Буир [16], в почвенном покрове преобладающими становятся каштановые почвы, в ландшафтах — степь и сухая степь [17, 19]. В этих условиях резко усиливаются эоловые процессы, которые играют главную роль в формировании верхней толщи отложений голоцена. Прогрессирующее иссушение территории происходит и в последующее время. Тенденция к усилению аридизации климата Восточного Забайкалья за последние 1900 лет реконструирована на основе палинологического и геохимического изучения донных осадков оз. Арахлей [15].

Существенно изменялись в голоcene и процессы почвообразования. В этом отношении показательна для Даурской степи динамика почвенно-климатического индекса (см. рис. 5, Е). Здесь, как и в соседних районах Монголии, в атлантический период голоцена были сформированы две мощные региональные почвы черноземного типа около 8 и 6,4 тыс. кал. л. н. (соотношение $Сгк/Сфк > 2$ [24]), которые хорошо сохранились в отложениях падей Крементуй [2] и Нарин-Кундуй (разрез 12) Онон-Торейской равнины. Кратковременная стабилизация геоморфологических процессов в середине суббореального периода фиксируется слаборазвитыми почвами с фульватным составом гумуса ($Сгк/Сфк$ от 0,25 до 0,6). В субатлантическом периоде в сухостепных условиях сформировалась серия слаборазвитых почв. Процессы почвообразования многократно прерывались активизацией эоловой деятельности. Региональное развитие в Даурии и соседних районах Монголии имеет почва, возраст которой 1200–1400 кал. л. Ее развитие, вероятно, происходило по типу каштановой, о чем свидетельствуют морфологическое строение, содержание $С_{орг}$ в светло-гумусовом горизонте в количестве 2,5 % и соотношение $Сгк/Сфк$, равное 0,51.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненного исследования показывают перспективность использования данных экспериментальных стационарных геоморфологических наблюдений при расшифровке кода эволюции рельефа в степях Центральной Азии в голоcene. В качестве такого кода используется внутривековой

цикл функционирования малого литосборного бассейна, детально рассмотренный ранее [1]. Он включает три динамические фазы — нормальную зональную, характеризующуюся средними скоростями процессов и формированием почв, и две экстремальные фазы выноса большого объема вещества эоловыми или флювиальными процессами. При этом наблюдается упорядоченное во времени чередование максимального воздействия процессов на верхние (дефляция) или нижние (эрозия водных потоков) ярусы рельефа.

Нормальные зональные фазы рельефообразования характеризуются стабилизацией процессов и в разрезах голоцена фиксируются погребенными почвами. Наиболее широкое региональное развитие получила мощная черноземовидная почва, сформировавшаяся в атлантический период голоцена. Для нее характерен гуматный состав гумуса с соотношением Сгк/Сфк > 2.

Фазам флювиальной активности в голоцене соответствуют высокие уровни озер. Частота появления и продолжительность аридных фаз повышается в позднем голоцене. В целом Онон-Торейская равнина представляет собой коридор с интенсивной эоловой миграцией вещества с северо-запада (Забайкалья) на юго-восток в соседние районы Монголии и Китая.

Выявлен ритмический характер смены динамических фаз рельефообразования в голоцене, которые объединены в циклы различного иерархического уровня. По данным изучения опорных разрезов хорошо выделяется макроцикл, охватывающий весь голоцен. В малых флювиальных бассейнах он представлен разрезом *II* в пади Веснянка, в долинах рек Онон-Торейской равнины — разрезами *I3–I5*. Особенно четко по времени формирования палеопочв в эоловых отложениях (падь Нарин-Кундуй) выделяются 2000-летние циклы, смена условий эоловой аккумуляции в разрезе *I7* происходит каждые 260 лет, а пролювиальные и пролювиально-солифлюкционные отложения атлантического и субатлантического периодов фиксируют внутривековые циклы продолжительностью около 50 лет (брикнеровские циклы). В целом четко выраженный ритмический характер морфолитогенеза в степях Даурии проявляется в постоянной смене механизмов, объемов и направлений перемещения вещества и способствует интенсивному выравниванию рельефа.

Работа выполнена за счет средств государственного задания (АААА –А21 –121012190017–5, АААА –А21–121012190055–7) и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (13–05–00524).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баженова О.И.** Внутривековая организация систем экзогенного рельефообразования в степях Центральной Азии // География и природ. ресурсы. — 2007. — № 3. — С. 116–125.
2. **Баженова О.И., Черкашина А.А., Кобылкин Д.В., Макаров С.А., Вершинин К.Е.** Геоморфологические события голоцена по литологическим записям малых флювиальных бассейнов Даурии // География и природ. ресурсы. — 2017. — № 2. — С. 135–146.
3. **Баженова О.И., Черкашина А.А.** Голоценовый морфолитогенез в озерных котловинах Юго-Восточного Забайкалья // Геоморфология. — 2018. — № 2. — С. 4–19.
4. **Корнутова Е.И.** История развития Торейских озер Восточного Забайкалья // Мезозойские и кайнозойские озера Сибири. — М.: Наука, 1968. — С. 74–88.
5. **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.
6. **Лукашов А.А.** Тектоно-гидрографические загадки территории заповедника «Даурия». Взгляд с орбиты // Земля из космоса. — 2013. — Вып. 16. — С. 84–95.
7. **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.
8. **Симонов Ю.Г.** Региональный геоморфологический анализ. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. — 251 с.
9. **Корнутова Е.И., Хогина Е.Б.** Геоморфологическая карта м-ба 1:1 000 000. Л. М-49 (50). Балей. — Л.: Картофабрика объединения «Аэрогеология», 1979. — 1 л.
10. **Карасев В.В.** Кайнозой Забайкалья. — Чита: Чит. обл. тип., 2002. — 127 с.
11. **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.
12. **Базарова В.Б., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Орлова Л.А.** Особенности озерного осадконакопления в степной зоне Юго-Восточного Забайкалья в голоцене (на примере отложений оз. Зун-Соктуй) // Геология и геофизика. — 2011. — Т. 52, № 3. — С. 426–438.

13. Базарова В.Б., Лящевская 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.
14. 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.
15. Птицын А.Б., Решетова С.А., Бабич В.В., Дарьин А.В., Калугин И.А., Овчинников Д.В., Паниззо В., Мыглан В.С. Хронология палеоклимата и тенденции аридизации в Забайкалье за последние 1900 лет // География и природ. ресурсы. — 2010. — № 2. — С. 85–89.
16. Севастьянов Д.В., Дорофеюк Н.И., Лийва А.А. Палеоэкология озер в голоцене // Лимнология и палеолимнология Монголии. — СПб.: Наука, 1994. — С. 248–262.
17. Чичагов В.П. Эволюция равнинообразования Юго-Востока Азии. — М.: Изд-во Ин-та географии РАН, 2000. — 207 с.
18. Сочава В.Б., Тимофеев Д.А. Физико-географические области Северной Азии // Доклады Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. — 1968. — Вып. 19. — С. 3–19.
19. Малаева Е.М., Мурзаева В.Э. Голоцен Северной Монголии // Изв. АН СССР. — 1987. — № 2. — С. 69–72.
20. Обязов В.А. Вековые тенденции изменений климата на юго-востоке Забайкалья и в сопредельных районах Китая и Монголии // Метеорология и гидрология. — 1999. — № 10. — С. 33–40.
21. Last W.M. Geolimnology of salt lakes // Geosciences Journ. — 2002. — Vol. 6, N 4. — P. 347–369.
22. Поздняков А.В., Пупышев Ю.С., Пучкин А.В., Фузелла Т.Ш. Генезис грядово-ложбинного рельефа Западно-Сибирской равнины // Геосферные исследования. — 2020. — № 4. — С. 42–57.
23. Ламакин В.В. Динамические фазы речных долин и аллювиальных отложений // Землеведение. — 1948. — Т. 2 (42). — С. 154–187.
24. Чичагов В.П. Эоловый рельеф Восточной Монголии. — М.: Изд-во Ин-та географии РАН, 1999. — 270 с.

Поступила в редакцию 04.05.2022

После доработки 19.05.2022

Принята к публикации 05.07.2022