= ЭВОЛЮЦИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ =

YIK 551.89 + 631.4 (571.5)

ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ

© 2016 г. Ю.В. Рыжов, В.А. Голубцов, Д.В. Кобылкин

Институт географии СО РАН, Иркутск, Россия e-mail: ryv@irigs.irk.ru, tea_88@inbox.ru, agrembrant@inbox.ru
Поступила в редакцию 21.04.2015 г.

На основании изучения разрезов рыхлых отложений и почв, сформированных на междуречье Селенги и Чикоя, восстановлена динамика осадконакопления и педогенеза в течение последних 15 тыс. лет. Показано, что седиментогенез и почвообразование в позднеледниковье проходили в условиях таежных и/или лесостепных ландшафтов, сменившихся в голоцене на степные вследствие аридизации климата. Большое влияние на формирование почв и развитие экзогенных процессов в позднеледниковье (15.0-11.7 тыс. кал.л.н.) оказывала многолетняя мерзлота. Потепление, произошедшее в раннем голоцене (11.7-8.8 тыс. кал.л.н.), привело к деградации последней, увеличению мощности деятельного слоя и активизации эрозионно-аккумулятивных процессов. Наиболее интенсивное осадконакопление, связанное со снижением влагообеспеченности, отмечается ~10.5− 9.4 тыс. кал.л.н. Во временном интервале 9.4–8.6 тыс. кал.л.н., корреспондирующем с повышением увлажненности, отмечается активное развитие процессов почвообразования. В среднем голоцене (8.6—3.4 тыс. кал.л.н.) вследствие аридизации денудационно-аккумулятивные процессы протекали довольно интенсивно, затухая в периоды педогенеза, наиболее выраженные из которых проявились 6.9—5.9 и 4.9—3.6 тыс. кал.л.н. Высокая динамичность эрозионно-аккумулятивных форм рельефа была характерна и для позднеголоценового интервала (3.4–0 тыс. кал.л.н.), что служило основным ограничивающим фактором для почвообразования. Для данного временного промежутка характерно формирование стратоземов, маломощных органо-аккумулятивных и слаборазвитых почв. Реконструированная динамика осадконакопления и педогенеза коррелирует с ландшафтно-климатическими изменениями на севере Монголии и в Байкальском регионе. Отмечается большая сходимость климатических вариаций на исследуемой территории с изменениями климата и растительности севера Монголии.

Ключевые слова: ландшафтно-климатические изменения, почвы, палеопочвы, осадконакопление, позднеледниковье, голоцен.

Введение. В последние десятилетия благодаря исследованиям донных отложений оз. Байкал [24, 27, 30], прилегающих к нему небольших озер [6] и торфяников [5, 11] достигнут существенный прогресс в понимании ландшафтно-климатических изменений Байкальского региона в позднелелниковье и голошене.

Несмотря на значительный рост палеогеографических исследований, территории, отдаленные от акватории оз. Байкал, изучены крайне неравномерно и во многих случаях представляют собой "белые пятна", где палеоклиматическая информация скудна или отсутствует. К одному из них относится обширная территория Селенгинского среднегорья. Субаэральные отложения и почвы, сформированные здесь на протяжении позднеледниковья и голоцена, изучены довольно слабо.

В то же время известно, что изменения палеоландшафтных обстановок довольно детально отражаются в характере почвообразования и субаэрального осадконакопления [10, 23, 31], что делает актуальным восстановление специфики и хронологии данных процессов.

На данный момент подобные работы на территории Селенгинского среднегорья единичны [1, 17, 21, 22] и охватывают преимущественно северные и центральные районы. В то же время регион характеризуется значительной пространственной неоднородностью физико-географических условий, обусловливающих высокую мозаичность ландшафтов в настоящее время и в прошлом. Поэтому для лучшего понимания региональных палеоэкологических изменений требуется больший пространственный охват исследований.

Цель данной работы — выявление хронологии и специфики основных периодов развития экзогенных процессов и почвообразования в степных ландшафтах Селенгинского среднегорья в позднеледниковье и голоцене.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в пределах Селенга-Хилокского геоморфологического района [14] на междуречье Селенги и Чикоя (рис. 1). Здесь, на южном замыкании Гусиноозерской впадины расположены низкогорные отроги Боргойского хребта, протягивающегося в юго-западном направлении до бассейна р. Джиды. Абсолютные высоты хребта не превышают 1200 м, а глубина эрозионного вреза достигает 300—400 м.

В геологическом строении территории исследования принимают участие пирокластические породы, переслаивающиеся с эффузивами боргойской свиты, прорываемые многочисленными гранитными интрузиями [3]. Четвертичные делювиально-пролювиальные отложения залегают на склонах, выполняют борта долин, образуют подгорные шлейфы и конусы выноса эрозионных форм [3]. Аллювиальные отложения

слагают поймы и террасы и приурочены к долинам рек. Исключительно широкое распространение имеют современные и древние эоловые формы рельефа [14], что указывает на значительную сухость климата данной территории в течение длительного времени. В таких условиях ландшафты очень восприимчивы к изменению климатических параметров, в особенности увлажненности, поэтому активизация почвообразования может служить надежным индикатором повышения влагообеспеченности.

Современные климатические условия довольно засушливы. По данным ближайшей метеостанции Новоселенгинск годовая сумма осадков составляет 255 мм. Климат резко континентальный со среднегодовой температурой воздуха –1.4 °C. Средняя температура июля 19.8 °C, января —26.1 °C [4]. Господствуют степи резко выраженного ксероморфного облика, которые внедряются далеко вверх по склонам хребтов [16]. В составе современного почвенного покрова преобладают каштановые почвы и псаммоземы гумусовые [19].

Детально изучены два разреза рыхлых отложений, расположенных по правому борту долины

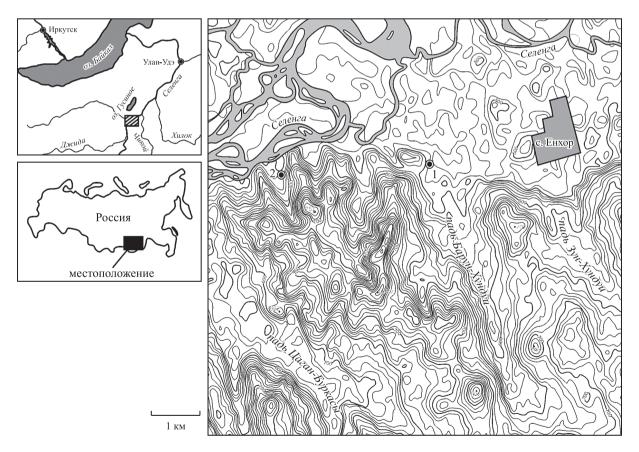


Рис. 1. Местоположение исследуемых разрезов: 1 — Номохоново-I, 2 — Номохоново-II.

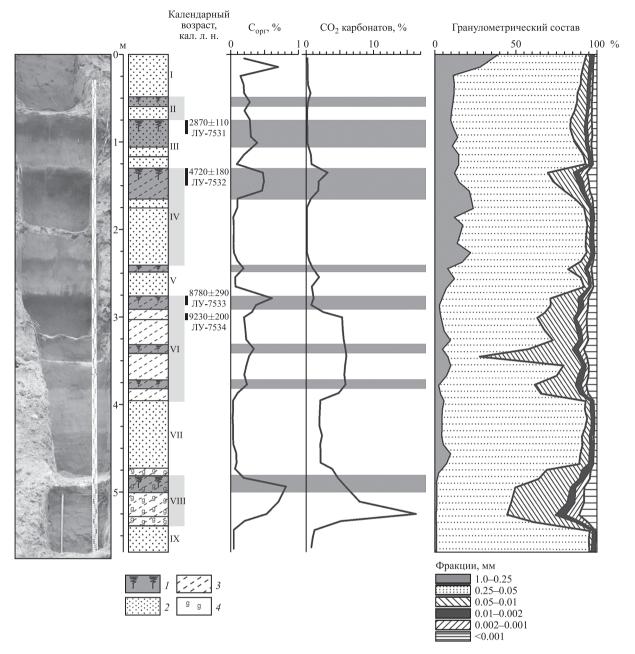


Рис. 2. Строение, абсолютный возраст и физико-химические свойства почв и отложений разреза Номохоново-I. Условные обозначения: *1* – гумусовые горизонты погребенных почв; *2* – пески; *3* – супеси; *4* – оглеение.

р. Селенги у подножия северо-западного склона Боргойского хребта (рис. 1). Разрез Номохоново-І вскрывает отложения конуса выноса пади Барун-Хундуй (50°59' с.ш., 106°27' в.д., абс. высота 564 м). Разрез Номохоново-ІІ (50°59' с.ш., 106°25' в.д., абс. высота 581 м) заложен в пределах делювиального шлейфа.

При проведении полевых исследований основное внимание уделялось стратиграфическому и морфогенетическому анализу почв и отложений. В лабораторных условиях с использованием

общепринятых методик [2, 7] выполнено определение их основных физико-химических свойств. Изучение группового состава гумуса проводили по Кононовой-Бельчиковой [13]. Классификация почв проведена с учетом принципов, предложенных в [12]. Определение абсолютного возраста погребенных почв выполнено сцинтилляционным методом в Санкт-Петербургском государственном университете по углероду гуминовых кислот.

Результаты и обсуждение. Толща разреза *Номо-хоново-I* (рис. 2) сложена продуктами линейного

и плоскостного смыва. Значительное участие в его строении принимают эоловые окарбоначенные супеси. Отложения в разной степени проработаны почвообразованием, выделено девять погребенных почв. Подобный характер строения толщи свидетельствует о неоднократной активизации денудационно-аккумулятивных процессов, периодически прерываемых фазами педогенеза. Радиоуглеродное датирование почв, погребенных в пределах конуса выноса, показало, что его аккумуляция происходила, по меньшей мере, на протяжении голоцена (см. рис. 2).

Хронология и специфика экзогенных процессов. Эрозионно-аккумулятивные процессы. В разрезе четко фиксируются этапы активизации эрозионно-аккумулятивных процессов, во время которых на конусе выноса пади Барун-Хундуй происходила аккумуляция делювиальных и делювиально-пролювиальных отложений. Нижнюю пачку делювиальных отложений (гор. VII, 394—471 см), довольно однородную по механическому составу, практически нацело слагает фракция мелкого песка (0.25-0.05 мм). Средняя (170-270 см) и верхняя (0-135 см) пачки делювиально-пролювиальных отложений более неоднородны, в них заметно возрастает доля крупного и среднего песка (1-0.25 мм), достигая максимума в кровле разреза (см. рис. 2). Для делювиально-пролювиальных отложений характерно минимальное содержание карбонатов.

Нижняя пачка (394—471 см) фиксирует этап активизации смыва, проявившийся на рубеже позднеледниковья и голоцена. На протяжении атлантического периода (~8.6-6.9 тыс. кал.л.н.) эрозионно-аккумулятивные процессы протекали довольно интенсивно, о чем свидетельствует значительное участие крупного и среднего песка в составе отложений средней пачки (170-270 см) и практически полное отсутствие следов почвообразования в указанном временном интервале. Накопление верхней пачки отложений (0–135 см) происходило в результате эрозионно-аккумулятивных процессов, протекавших с середины суббореального периода (~4.6 тыс. кал.л.н.) до современности. Уменьшение крупных фракций песка и формирование почв (II и III) указывает на снижение интенсивности экзогенных процессов по сравнению с атлантическим периодом.

Эоловые процессы. Неоднородность строения и физико-химических свойств отложений разреза Номохоново-I свидетельствует о неоднократной смене режимов осадконакопления. Делювиальные и делювиально-пролювиальные пески замещаются окарбоначенными супесями,

в гранулометрическом составе которых преобладают фракции мелкого песка и крупной пыли (0.05—0.01 мм). По нашему мнению, подобные изменения в вещественном составе отложений отражают смену ведущего экзогенного процесса. Происходит снижение интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов и основную роль в осадконакоплении начинает играть эоловый фактор.

Супеси, залегающие на глубине 471—536 см, вероятно, фиксируют позднеледниковый этап активизации эоловых процессов. Раннеголоценовый этап увеличения эоловой активности находит отражение в аккумуляции супесей, залегающих на глубинах 270—394 см. Накопление отложений на глубинах 240—250 см, 135—165 см и 75—107 см происходило на протяжении менее длительных этапов преимущественно эолового осадконакопления, проявившихся в атлантическом и суббореальном периодах.

Хронология и специфика почвообразования. Как правило, именно описанные супесчаные отложения проработаны почвообразованием (см. рис. 2). Вероятно, периодическое затухание эоловой активности, связанное с увлажнением климата и закреплением поверхности растительностью, приводило к активизации педогенеза.

Современная почва (I) относится к типу псаммоземов гумусовых. Ее гумусовый горизонт выражен очень слабо, что, очевидно, обусловлено малой продолжительностью почвообразования. Несколько более развиты почвы II и V, которые по совокупности морфоаналитических свойств мы относим к светлогумусовым.

Сформировавшаяся 3.0-2.7 тыс. кал.л.н. почва III имеет повышенную (в сравнении с почвами I и II) мощность гумусового горизонта, для которого характерна слабая оструктуренность и слабовыраженный срединный горизонт. Фракция ила (<0.001 мм) равномерно распределена по профилю. Максимальное содержание органического углерода (C_{opr}) приурочено к подошве ее гумусового горизонта и постепенно убывает кверху, несколько меняется групповой состав гумуса (таблица). Указанные признаки свидетельствуют о формировании почвы при слабом поступлении минерального субстрата на ее поверхность. Осадконакопление осуществлялось постоянно и было сингенетично почвообразованию. Исходя из сказанного, мы относим почву III к типу стратоземов светлогумусовых.

Почва IV, сформированная 4.9—4.6 тыс. кал.л.н., лучше оструктурена, имеет повышенное

Горизонт Глубина, см	В пирофосфатной вытяжке, %		C py/C dy	HO, %
	С гк	Сфк	СТК/С ФК	НО, %
80-90 100-107 140-150 270-280 291-300	0.1/33.3 0.07/17.5 0.13/26.0 0.13/21.0 0.07/21.2	0.06/20.0 0.04/10.0 0.08/16.0 0.08/12.9 0.06/18.2	1.67 1.75 1.63 1.63 1.17	0.14/46.7 0.29/72.5 0.29/58.0 0.41/66.1 0.2/60.6
	80-90 100-107 140-150 270-280	Глубина, см С гк 80—90 0.1/33.3 100—107 0.07/17.5 140—150 0.13/26.0 270—280 0.13/21.0 291—300 0.07/21.2	Картина, см Стк Сфк 80—90 0.1/33.3 0.06/20.0 100—107 0.07/17.5 0.04/10.0 140—150 0.13/26.0 0.08/16.0 270—280 0.13/21.0 0.08/12.9 291—300 0.07/21.2 0.06/18.2	Ком Стк Сфк 80-90 0.1/33.3 0.06/20.0 1.67 100-107 0.07/17.5 0.04/10.0 1.75 140-150 0.13/26.0 0.08/16.0 1.63 270-280 0.13/21.0 0.08/12.9 1.63 291-300 0.07/21.2 0.06/18.2 1.17

Таблица. Групповой состав гумуса почв разреза Номохоново-І

содержание Сорг, равномерно распределенного в пределах горизонта и резко убывающего за его пределами (см. рис. 2). Тем не менее, содержание органического вещества очень мало, что характерно и для других почв в разрезе. Это может быть связано как с легким гранулометрическим составом отложений, что обусловливает быструю минерализацию гумуса, так и с неблагоприятными для почвообразования условиями. Гумус фульватно-гуматный, характерно высокое содержание нерастворимого остатка (см. таблицу). Профиль дифференцирован на генетические горизонты. Содержание карбонатов максимально в кровле гумусового горизонта, постепенно снижаясь вниз по профилю, что характерно и для илистой фракции. Наиболее вероятно, что почва формировалась в сухих условиях при непромывном водном режиме под степной растительностью. Учитывая ее морфологические свойства и аналитические характеристики, мы склонны рассматривать ее как каштановую.

Анализируя морфологические и физико-химические свойства почв, сформированных в верхней части разреза (I–V), можно прийти к выводу о том, что основным ограничивающим фактором их развития служило активное функционирование эрозионной формы, на конусе выноса которой заложен исследуемый разрез. Периодическое отложение свежих наносов вызывало погребение почв и начало почвообразования на новой дневной поверхности. Вторым возможным фактором низкой интенсивности педогенеза могли служить неблагоприятные природные условия (недостаточное атмосферное увлажнение, разреженность растительного покрова и др.). В результате для почв I, II и V отмечается весьма низкая интенсивность гумусонакопления, распространение процессов почвообразования ограничивалось лишь самой верхней частью профиля, подстилающие отложения практически не затронуты педогенезом.

Развитие дифференцированных на генетические горизонты почв III и IV свидетельствует

о более длительном и интенсивном протекании процессов почвообразования и выветривания, захватывавших более мощную толшу отложений. В рассматриваемых условиях это возможно лишь при существенном ослаблении осадконакопления в ландшафтной обстановке, которой присуща достаточная тепло- и влагообеспеченность. В то же время увлажненность была незначительной, на что указывают рассмотренные выше свойства почв.

Наиболее развита почва VI, сформированная 9.4-8.6 тыс. кал.л.н. В верхней части ее профиля выделяется серый с буроватым оттенком светлогумусовый горизонт, постепенно переходящий в нижележащий ксерометаморфический ВМК. Отмечается повышенное содержание Сорг, гумус фульватно-гуматного состава. Горизонт ВМК имеет мелкопризматическую структуру, в его окраске преобладают бурые и коричневые тона. Отмечается максимальное количество карбонатов (см. рис. 2), содержание которых практически не меняется вниз по профилю. Характер распределения карбонатов в профиле почвы свидетельствует об их слабом выщелачивании во время ее формирования и, скорее всего, унаследован от материнских эолово-делювиальных отложений. Содержание илистой фракции практически не меняется в профиле почвы. Формирование почвы VI, которую по совокупности свойств мы определяем как каштановую, отражает наиболее длительный из представленных этапов педогенеза. Почва формировалась под степной растительностью в условиях высокой теплообеспеченности и довольно низкой увлажненности. Ее формирование стало возможным благодаря существенному снижению активности эрозионно-аккумулятивных процессов в финале бореального периода.

Возраст почвы VIII, сформированной в основании разреза, мы принимаем как позднеледниковый. На это указывает, прежде всего, то, что исследуемый разрез заложен более чем в 15 м над урезом реки, что исключает современное влияние грунтовых вод. Легкий гранулометрический

состав отложений в сочетании с заметным уклоном обусловливают хороший дренаж. В то же время почва VIII оглеена и содержит обильные Fe-Mn-новообразования и прослои. Подобные признаки отмечались для позднеледниковых почв, залегающих в основании разрезов Куйтунского межгорного понижения, и отсутствовали в почвах голоцена [17]. Помимо сказанного, следует отметить, что почва VI датирована концом бореального периода. При этом почвы VI и VIII разделены мощной толщей полигенетичных отложений, которые не могли накопиться в течение одного акта осадконакопления, о чем свидетельствует и наличие в их пределах слаборазвитых почв, указывающих на периодическое снижение темпов поступления осадков.

Профиль почвы VIII состоит из серогумусового горизонта АҮ, окрашенного в сизоватые тона и постепенно переходящего в подстилающие отложения. Содержание органического вещества в горизонте АУ наиболее высокое среди всех почв, представленных в разрезе. Повышенные значения Сорг вероятнее всего связаны с влиянием многолетнемерзлых пород и периодическим застоем влаги в деятельном слое, что подавляло минерализацию органического вещества за счет снижения аэрации и дренированности. Для гумуса характерен гуматно-фульватный состав, высокое содержание негидролизуемого остатка (см. таблицу), что неоднократно отмечалось для почв Забайкалья [15, 20] и может быть объяснено необратимым связыванием новообразованных гуминовых кислот минеральной частью в форме гуминов в ходе чередования иссушения и промораживания почвы [9].

Для залегающего ниже альфегумусового горизонта (BF) отмечается неоднородность окраски, выраженная в светло-серых и сизых пятнах и разводах, причиной проявления которых является оглеенность. Подошва BF оторочена охристой каймой, под которой залегает горизонт Сд ярко-сизой окраски. К описанной охристой прослойке приурочено максимальное содержание карбонатов, ила (см. рис. 2) и, судя по окраске, соединений железа. Очевидно, что характер распределения перечисленных компонентов связан с экранирующим влиянием многолетнемерзлых пород, ограничивавших проникновение в толщу грунта инфильтрующейся влаги. Окраска Сд связана с анаэробными условиями, создававшимися в результате насыщения горизонта влагой при периодическом протаивании мерзлоты.

Описанные особенности позволяют рассматривать почву VIII как дерново-подбур глееватый,

глинисто-иллювиированный с формулой профиля [AYg] — BFg, t — Cg. В ее свойствах прослеживаются следы альфегумусового процесса, сочетавшегося с выщелачиванием карбонатов и вмыванием илистой фракции в нижележащие горизонты. Протекание перечисленных процессов возможно лишь в условиях влажного климата, гораздо более влажного, нежели чем был характерен для временных промежутков, во время которых формировались вышележащие почвы. Исходя из сказанного мы предполагаем, что описываемая почва формировалась в относительно гумидных условиях северной лесостепи — южной тайги при незначительной теплообеспеченности.

Таким образом, строение конуса выноса пади Барун-Хундуй отражает значительные колебания в развитии эрозионной формы, вызванные преимущественно сменами природно-климатических условий на территории исследования. Для позднеледникового интервала развития толщи отложений характерны контрастные смены климатических условий. Его начало совпадает с периодом аридизации и активного развития эоловых процессов, что привело к накоплению высококарбонатных эоловых отложений. Последовавший этап почвообразования, во время которого сформировалась почва VIII, проходил в довольно влажных условиях лесостепи или тайги при незначительной теплообеспеченности. Большое влияние на формирование почвы оказывала многолетняя мерзлота. Потепление, произошедшее в раннем голоцене, привело к деградации последней, увеличению мощности деятельного слоя и, как следствие, к активизации эрозионно-аккумулятивных процессов. На данном этапе происходит заложение пади Барун-Хундуй и начало формирования ее конуса выноса, что фиксируется по резкой смене режима осадконакопления (эоловые осадки замещаются делювиально-пролювиальными).

В голоцене на конусе выноса накапливались преимущественно делювиально-пролювиальные отложения с прослоями эоловых карбонатных супесей. Формирование отложений и почв проходило в относительно сухом климате, преимущественно под степными ландшафтами при периодических сменах ведущего экзогенного процесса.

Отложения разреза *Номохоново-II* (рис. 3) условно разделены три пачки: аллювиально-пролювиальная (588—500 см), эолово-делювиальная (500—224 см) и почвенно-эолово-делювиальная (224—0 см). Строение разреза и литологический состав слагающих его осадков свидетельствуют о проявлении флювиальных, эрозионно-аккумулятивных и эоловых процессов. Полученные

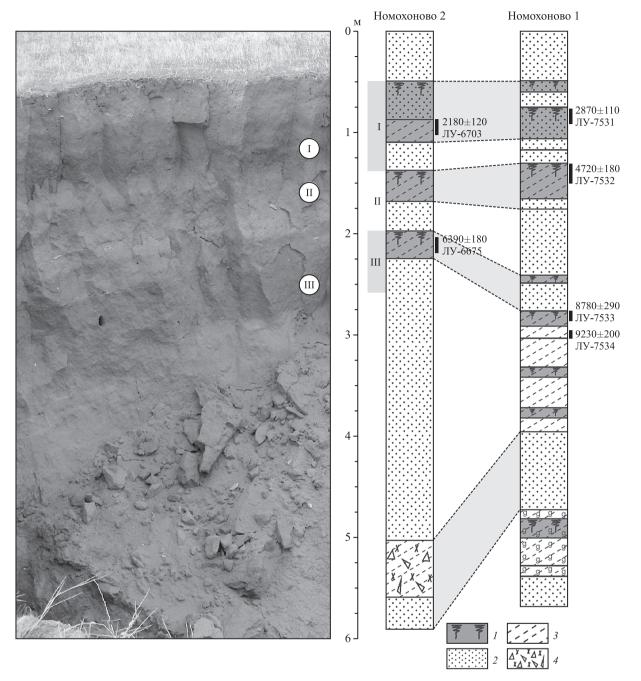


Рис. 3. Строение, абсолютный возраст и литологический состав отложений разреза Номохоново-II. Условные обозначения: см. рис. 2; *4* – включения дресвы и щебня.

радиоуглеродные датировки (см. рис. 3) позволяют оценить время их протекания по меньшей мере голоценом.

Хронология и специфика проявления экзоген- ных процессов и почвообразования. Аккумуляция нижней (588—500 см) пачки отложений проходила при активном участии эрозионно-аккумулятивных процессов. На глубинах 556—588 см залегают желтовато-серые аллювиально-пролювиальные с примесью эоловых пески (овражный аллювий).

Согласно результатам гранулометрического анализа (выполненного в ИЗК СО РАН Т.Г. Рященко) на долю песчаной фракции (1—0.05 мм) приходится 52%, в том числе средне- и крупнопесчаной (1—0.25 мм) — 23%, мелкопесчаной (0.25—0.05) — 29%. Отмечается относительно высокое содержание крупнопылеватой фракции (33%) [18]. Наличие в составе осадков средне- и крупнозернистых песков свидетельствует о преимущественно водном их происхождении, а высокое содержание

мелко- и тонкопесчаных и крупнопылеватых фракций — о значительной роли эоловой аккумуляции. Пески перекрыты пролювиальными дресвяно-щебнистыми с песчаным заполнителем отложениями (556—500 см). Содержание дресвы и щебня достигает 42%.

Выше (500—224 см) залегают эолово-делювиальные желтовато-серые, палевые мелкозернистые пылеватые пески с карбонатными включениями, более обильными в интервале 480—403 см. Содержание карбонатов в пределах пачки колеблется в пределах 6—9%. Отложения сложены преимущественно мелким песком, содержание которого достигает 55—78%. Доля крупнопылеватой фракции составляет 14—36% [18]. Время формирования этой пачки предположительно оценивается ранним— началом среднего голоцена, она отражает этап аридизации климата и связанной с ней активизации эоловых и делювиальных процессов.

Венчают разрез эолово-делювиальные мелкозернистые пылеватые пески (224-0 см), разделенные тремя погребенными почвами возрастом 6.5-0 тыс. кал.л.н. Отмечается более низкое, чем в средней пачке, содержание карбонатов (3-6%). Содержание Сорг в пределах гумусовых горизонтов почв достигает 2%. Максимальное содержание гумуса зафиксировано в почве І. Горизонты отложений сложены мелким песком (65–76%) с заметным участием крупнопылеватой фракции (14-36%). В гумусовых горизонтах почв возрастает доля крупной пыли и ила [18]. Почва I относится к типу стратоземов и по морфогенетическим признакам сходна с почвой III в разрезе Номохоново-1. Почва II характеризуется как светлогумусовая. Наиболее развитая почва III отнесена нами к каштановым.

Анализ особенностей строения разреза и данные по абсолютному возрасту почв позволяют выделить основные этапы активизации эрозионно-аккумулятивных и эоловых процессов, которые датируются ранним голоценом (>6.9 тыс. кал.л.н.), ~5.9—4.8, ~3.7—2.6 и 1.1—0 тыс. кал.л.н. Почвы формировались на протяжении 6.9—5.9, ~4.8—3.7 и 2.6—1.1 тыс. кал.л.н.

Сопоставление полученных данных с данными исследований на прилегающих территориях. Как отмечалось выше, увлажненность служит основным лимитирующим фактором для педогенеза в аридных и семиаридных условиях. Отсюда, выделенные периоды почвообразования фиксируют этапы повышения влагообеспеченности территории и стабилизации дневной поверхности в результате закрепления ее растительностью.

Сказанное находит свое подтверждение при сравнении полученных данных с материалами по колебаниям увлажненности в северной части Монголии и в Байкальском регионе [26, 34, 35] (рис. 4 a, δ). Как правило, фазы увлажнения коррелируют с выделенными нами периодами почвообразования. Есть и исключения. Так, периоды педогенеза 6.9-5.9 и 3.0-2.7 тыс. кал.л.н. протекали при существенном снижении увлажненности во второй половине атлантического и финале суббореального периодов, соответственно. Учитывая то, что в основу выделения фаз увлажнения и аридизации (см. рис. 4 a, δ) положены данные спорово-пыльцевого анализа донных отложений, динамики их накопления, водности озер, распределения комплексов диатомовых и пр., причиной подобных расхождений может быть неодинаковая чувствительность различных природных объектов к изменениям климатических параметров.

Лучшая сходимость отмечается при сравнении наших данных с педолитологическими данными по северной и центральной Монголии [25, 28, 29], а также центральной части Селенгинского среднегорья [17] (см. рис. 4 ϵ , θ , e). Несмотря на различную продолжительность, обусловленную локальными факторами (функционирование эрозионно-аккумулятивных форм), периоды педогенеза и осадконакопления во многих случаях проявились синхронно на обширной территории, что, вероятно, связано с региональными климатическими изменениями. Наиболее ярко подобные изменения выразились в этапах педогенеза, корреспондирующих с повышением увлажненности (см. рис. 4) в интервалах 9.4—8.3 и 4.8—3.6 тыс. кал.л.н. Довольно отчетливо проявился период почвообразования 8.5–5.4 тыс. кал.л.н., однако протекал он при заметно меньшей влагообеспеченности, время его начала и окончания существенно варьирует в зависимости от местоположения. Фазы аридизации находят отражение в повышении интенсивности денудационно-аккумулятивных процессов на границе позднеледниковья и голоцена (12.9-11.7 тыс. кал.л.н.), в первой половине бореального (10.3-9.4 тыс. кал.л.н.) и атлантического (8.2–7.7 тыс. кал.л.н.) периодов, начале (5.4– 4.8 тыс. кал.л.н.) и второй половине (3.6–3.0 тыс. кал.л.н.) суббореального периода.

Менее выраженные климатические изменения выражены в периодах почвообразования, приходящихся на позднеледниковые потепления, первую половину пребореального периода (11.7–10.9 тыс. кал.л.н.), финал суббореального (3.0–2.7 тыс. кал.л.н.) и первую половину субатлантического (2.6–1.0 тыс. кал.л.н.)

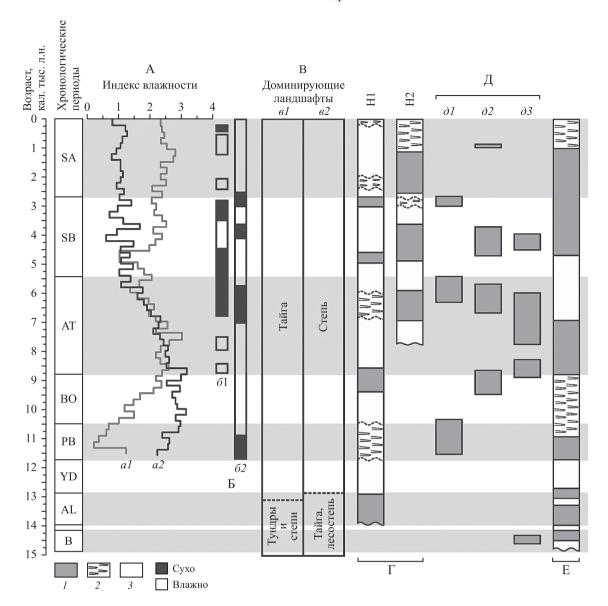


Рис. 4. Корреляция периодов почвообразования и осадконакопления с динамикой ландшафтно-климатических условий Байкальского региона и Монголии в позднеледниковье и голоцене. a — динамика увлажнения в северной части Монголии (aI) и Байкальском регионе (a2) [34]; δ — смены сухих и влажных периодов в северной части Монголии по [26] (δI) и [35] (δI); δI 0 — ландшафты, доминировавшие в позднеледниковье и голоцене в Байкальском регионе (δI 1) [32] и на исследуемой территории (δI 2, данная работа); δI 3 — периоды почвообразования и осадконакопления в разрезах Номохоново-I (H1) и Номохоново-II (H2); δI 4 — основные периоды педогенеза в северной и центральной Монголии по [29] (δI 1), [28] (δI 2), [25] (δI 3); δI 4 — основные периоды педогенеза и осадконакопления в Куйтунском межгорном понижении [17]. Условные обозначения: δI 5 — периоды интенсивного педогенеза; δI 5 — периоды малоинтенсивного прерывистого почвообразования; δI 5 — периоды активного развития экзогенных процессов.

периодов. На протяжении последней тысячи лет практически во всех исследуемых разрезах формировались педоседименты с маломощными органо-аккумулятивными и слаборазвитыми почвами, что позволяет рассматривать данный интервал как период малоинтенсивного прерывистого почвообразования.

Динамика растительности на протяжении позднеледниковья и голоцена в Байкальском регионе, восстановленная по палинологическим данным [32], заметно отличается от полученных нами данных (см. рис. 4 в). Согласно [32] степи имели минимальное распространение в регионе на протяжении голоцена, постепенно уступая место таежной растительности, начиная с позднеледниковья. Наши материалы свидетельствуют о том, что формирование отложений и почв в голоцене проходило в довольно сухом климате, преимущественно под степными ландшафтами, заместившими таежные и/или лесостепные, формировавшиеся в позднеледниковье. Подобные изменения в гораздо большей степени сближают исследуемую территорию с севером Монголии, где степная и лесостепная растительность преобладала на протяжении голоцена [8, 33].

Заключение. Полученные результаты позволяют обозначить основные рубежи в развитии экзогенных процессов и почвообразования в степных ландшафтах Селенгинского среднегорья в позднеледниковье и голоцене. Для позднеледникового интервала (15.0-11.7 тыс. кал.л.н.) характерны контрастные смены климатических условий. Его начало и завершение совпадают с периодами аридизации и активного развития эоловых и эрозионно-аккумулятивных процессов. Увлажнение климата в интервале ~14.0-12.9 тыс. кал.л.н. привело к активизации педогенеза. Почвы формировались в относительно влажных условиях северной лесостепи - южной тайги при незначительной теплообеспеченности. Большое влияние на их формирование оказывала многолетняя мерзлота.

Потепление, произошедшее в раннем голоцене (11.7—8.8 тыс. кал.л.н.), привело к деградации последней, увеличению мощности деятельного слоя и, как следствие, к активизации эрозионно-аккумулятивных процессов. На данном этапе происходит заложение современной эрозионной сети. Наиболее интенсивное осадконакопление, связанное со снижением влагообеспеченности, отмечается ~10.5—9.4 тыс. кал.л.н. Во временном интервале 9.4—8.6 тыс. кал.л.н., корреспондирующем с повышением увлажненности, отмечается активное развитие процессов почвообразования, формировались каштановые почвы.

Аридизация, отмечаемая на прилегающих территориях в среднем голоцене (8.8—3.4 тыс. кал.л.н.), отразилась и на развитии экзогенных процессов исследуемой территории. На протяжении 8.6—3.4 тыс. кал.л.н. денудационно-аккумулятивные процессы протекали довольно интенсивно, затухая в периоды педогенеза, наиболее выраженные из которых проявились 6.9—5.9 и 4.9—3.6 тыс. кал.л.н. Формирование отложений и почв проходило в относительно сухом климате, преимущественно в степных ландшафтах.

Высокая динамичность эрозионно-аккумулятивных форм была характерна и для позднеголоценового интервала (3.4—0 тыс. кал.л.н.), что

служило основным ограничивающим фактором для почвообразования. Для данного временного промежутка характерно формирование стратоземов, маломощных органо-аккумулятивных и слаборазвитых почв.

Реконструированная динамика осадконакопления и педогенеза удовлетворительно коррелирует с ландшафтно-климатическими изменениями на севере Монголии и в Байкальском регионе. Отмечается большая сходимость тенденций климатических вариаций на исследуемой территории с изменениями климата и растительности севера Монголии. Полученные данные уточняют характер региональных палеогеографических изменений за последние 15 тыс. лет и позволяют проследить отклик на них различных типов ландшафтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Антощенко-Оленев И. В. История природных обстановок и тектонических движений в позднем кайнозое Западного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1982. 158 с.
- 2. *Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1970. 487 с.
- 3. *Базаров Д.-Д.Б.* Четвертичные отложения и основные этапы развития рельефа Селенгинского среднегорья. Улан-Удэ: Бурятское кн. изд-во, 1968. 166 с.
- 4. Батуев А.Р., Буянтуев А.Б., Снытко В.А. Геосистемы и картографирование эколого-географических ситуаций приселенгинских котловин Байкальского региона. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 164 с.
- 5. Безрукова Е.В., Кривоногов С.К., Абзаева А.А., Вершинин К.Е., Летунова П.П., Орлова Л.А., Такахара Х., Миеши Н., Накамура Т., Крапивина С.М., Кавамуро К. Ландшафты и климат Прибайкалья в позднеледниковье и голоцене по результатам комплексных исследований торфяников // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 1. С. 21—33.
- 6. Безрукова Е.В., Тарасов П.Е., Кулагина Н.В., Абзаева А.А., Летунова П.П., Кострова С.С. Палинологическое исследование донных отложений озера Котокель (район озера Байкал) // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 4. С. 586—595.
- 7. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- 8. Виппер П.Б., Дорофеюк Н.И., Метельцева Е.П., Соколовская В. Т. История развития растительности Северной Монголии в голоцене // География и динамика растительного и животного мира МНР. М.: Наука, 1978. С. 19—24.
- 9. Волковинцер В. И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск: Наука, 1978. 206 с.
- 10. *Воробьева Г.А.* Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции

- и классификации почв. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2010. 205 с.
- 11. Данько Л.В., Безрукова Е.В., Орлова Л.А. Реконструкция развития геосистем Приморского хребта во второй половине голоцена // География и природные ресурсы. 2009. № 3. С. 48–55.
- 12. Классификация и диагностика почв России / Под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- 13. *Кононова М. М.* Органическое вещество почв. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 314 с.
- 14. Нагорья Прибайкалья и Забайкалья / Под ред. Н.А. Флоренсова. М.: Наука, 1974. 359 с.
- Пигарева Н.Н., Корсунова Т.М., Пьянкова Н.А. Особенности гумусного состояния почв Бурятии // Почвоведение. 2008. № 4. С. 431—440.
- Рещиков М.А. Степи Западного Забайкалья // Труды Вост.-Сиб. фил. АН СССР. Серия биологическая. 1961. Вып. 34. 174 с.
- 17. Рыжов Ю.В., Голубцов В.А., Кобылкин Д.В., Черных В.Н. Основные периоды почвообразования и осадконакопления в лесостепных ландшафтах Селенгинского среднегорья в позднеледниковье и голоцене // География и природные ресурсы. 2015. № 3. С. 114—125.
- 18. Рященко Т.Г., Акулова В.В., Ухова Н.Н., Штельмах С.И., Гринь Н.Н. Лессовые грунты Монголо-Сибирского региона. Иркутск: Изд-во ИЗК СО РАН, 2014. 241 с.
- 19. Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Убугунов В.Л., Балсанова Л.Д. Почвы Бурятии: разнообразие, систематика и классификация // Вестн. Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2012. № 2. С. 45–52.
- 20. Чимитдоржиева Г.Д., Аюрова Д.Б., Андреева Д.Б. Гумус и гуминовые кислоты черноземов Юго-Восточного Забайкалья (Читинская область) // Почвоведение. 2008. № 2. С. 168—172.
- 21. Andreeva D., Leiber K., Glaser B., Hambach U., Erbajeva M., Chimitdorgieva G., Tashak V., and Zech W. Genesis and properties of black soils in Buryatia, southeastern Siberia, Russia // Quaternary International. 2011. Vol. 243. P. 313–326.
- Andreeva D., Zech M., Glaser B., Erbajeva M., Chimitdor-gieva G., Ermakova O., and Zech W. Stable isotope (δ¹³C, δ¹⁵N, δ¹³O) record of soils in Buryatia, southern Siberia: Implications for biogeochemical and paleoclimatic interpretations // Quaternary International. 2013. Vol. 290–291. P. 82–94.
- 23. *Birkeland P. W.* Soils and Geomorphology. New York: Oxford University Press, 1999. 430 p.
- 24. Demske D., Heumann G., Granoszewski W., Nita M., Mamakowa K., Tarasov P.E., and Oberhansli H. Late Glacial and Holocene vegetation and regional climate variability evidenced in high-resolution pollen records from Lake

- Baikal // Global and Planetary Change. 2005. Vol. 46 (1–4). P. 275–279.
- 25. Feng Z., Zhai X., Ma Y., Huang C., Wang W., Zhang H., Khosbayar P., Narantsetseg T., Liu K., and Rutter N. Eolian environmental changes in the Northern Mongolian Plateau during the past 35.000 yr // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2007. Vol. 245. P. 505–517.
- 26. Fukumoto Y., Kashima K., and Ganzorig U. The Holocene environmental changes in boreal fen peatland of northern Mongolia reconstructed from diatom assemblages // Quaternary International. 2014. Vol. 348. P. 66–81.
- 27. *Karabanov E.B., Prokopenko A.A., Williams D.F., and Khursevich G.K.* A new record of Holocene climate change from the bottom sediments of Lake Baikal // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2000. Vol. 156 (3–4). P. 211–224.
- Lehmkuhl F., Hilgers A., Fries S., Hülle D., Schlütz F., Shumilovskikh L., Felauer T., and Protze J. Holocene geomorphological processes and soil development as indicator for environmental change around Karakorum, Upper Orkhon Valley (Central Mongolia) // Catena. 2011. Vol. 87. P. 31–44.
- 29. Lehmkuhl F., Hülle D., and Knippertz M. Holocene geomorphic processes and landscape evolution in the lower reaches of the Orkhon River (northern Mongolia) // Catena. 2012. Vol. 98. P. 17–28.
- 30. Mackay A.W., Swann G.E.A., Brewer T.S., Leng M.J., Morley D.W., Piotrowska N., Rioaul P., and White D. A reassessment of late glacial-Holocene diatom oxygen isotope record from Lake Baikal using a geochemical mass-balance approach // J. of Quaternary Science. 2011. Vol. 26 (6). P. 627–634.
- 31. *Retallack G.J.* Soils of the Past. An Introduction to Paleopedology. Oxford: Blackwell Science, 2001. 404 p.
- 32. Tarasov P., Bezrukova E., Karabanov E., Nakagawa T., Wagner M., Kulagina N., Letunova P., Abzaeva A., Granoszewski W., and Riedel F. Vegetation and climate dynamics during the Holocene and Eemian interglacials derived from Lake Baikal pollen records // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2007. Vol. 252. P. 440–457.
- 33. *Tarasov P., Dorofeyuk N., and Meteltseva E.* Holocene vegetation and climatic changes in Hoton-Nur basin, northwest Mongolia // Boreas. 2000. Vol. 29. P. 118–126.
- 34. Wang W. and Feng Z. Holocene moisture evolution across the Mongolian Plateau and its surrounding areas: A synthesis of climatic record // Earth-Science Reviews. 2013. Vol. 122. P. 38–57.
- 35. Zhang C., Zhang W., Feng Z., Mischke S., Gao X., Gao D., and Sun F. Holocene hydrological and climatic change on the northern Mongolian Plateau based on multiproxy records from Lake Gun Nuur // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2012. Vol. 323–325. P. 75–86.

Development of Exogenous Processes and Soil Formation in Steppe Landscapes of the Selenga Middle Mountains (Western Transbaikalia) in the Late Glacial and Holocene

Yu. V. Ryzhov, V. A. Golubtsov, and D. V. Kobylkin

Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Science, Irkutsk, Russia e-mail: rvv@irigs.irk.ru, tea 88@inbox.ru, agrembrant@inbox.ru

Based on the study of sections of unconsolidated sediments and soils formed on area between Selenga and Chikoy rivers, the dynamics of sedimentation and pedogenesis during last 15000 years have been reconstructed. It is shown that the formation of sediments and soils during the Late Glacial took place in conditions of taiga and/or forest-steppe landscapes, which changed into steppe landscapes in Holocene due to climate aridization. Permafrost had a great influence on the formation of soils and the development of exogenous processes in the Late Glacial (15.0–11.7 kyr BP). The warming that occurred in the early Holocene (11.7–8.8 kyr BP), has led to the permafrost degradation, an increase of the active layer and the activation of erosion-accumulative processes. The most intensive sedimentation associated with an aridisation was ~10.5–9.4 kyr BP. In the time span 9.4–8.6 kyr BP, corresponds with an increase in moisture, there was an active development of pedogenic processes. In the Middle Holocene (8.6–3.4 kyr BP) due to the aridity denudation-accumulative processes proceeded fairly rapidly, fading in periods of pedogenesis, the most prominent of which appeared 6.9–5.9 and 4.9–3.6 kyr BP. High dynamics of exogenous processes, which served as the main limiting factor for the pedogenesis were typical for the Late Holocene (3.4–0 kyr BP). This time is characterized by the formation of stratozems and immature organic-accumulative soils. The reconstructed dynamics of sedimentation and pedogenesis correlates with the landscape-climatic changes in the north of Mongolia and the Baikal region. There is a large convergence of climatic variations in the studied area with changes in the climate and vegetation of the North of Mongolia.

Keywords: landscape-climatic changes, soils, paleosols, sedimentation, Late Glacial, Holocene. doi:10.15356/0373-2444-2016-6-82-93