

Ю. В. РЫЖОВ<sup>1</sup>, В. А. ГОЛУБЦОВ<sup>2</sup><sup>1</sup> Иркутский научный центр СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 134, Россия, ryv@irigs.irk.ru<sup>2</sup> Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, tea\_88@inbox.ru**РАЗВИТИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ  
В ТУГНУЙСКОЙ КОТЛОВИНЕ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ**

*На основе комплексного изучения рыхлых отложений разреза Никольск реконструирована история развития экзогенных процессов и педогенеза в пределах Тугнуйской котловины (Селенгинское среднегорье). Восстановлена динамика аккумуляции толици отложений на разных временных интервалах. Зафиксированы фазы активизации эрозионно-аккумулятивных и эоловых процессов (12,9–11,7; 10,2–8,6; 2,1–1,8 тыс. кал. л. н.). Реконструирована хронология и специфика этапов педогенеза. Почвы, фиксирующие этапы стабилизации рельефообразующих процессов, представлены черноземами. Этапы совместного протекания педогенеза и осадконакопления выразились в формировании стратоземов темногумусовых и светлогумусовых, образовавшихся в результате постепенного смыва и намыва материала гумусовых горизонтов почв и их постоянной проработки педогенезом.*

*Хронологически наиболее выраженные фазы почвообразования приурочены к временным интервалам 11,7–10,2; 8,6–2,1 и 1,8–0,6 тыс. кал. л. н. Динамика этапов осадконакопления, фаз их стабилизации и интенсивного развития педогенеза была подчинена природно-климатическим изменениям последних 15 тыс. лет на исследуемой территории. Полученные результаты хорошо согласуются с этапами формирования почв, проявления экзогенных процессов на прилегающих территориях России и Монголии.*

*Выявлена полихронность в развитии экзогенных процессов и почвообразования, связанная с ландшафтно-климатической неоднородностью исследуемой территории. Она проявилась в лучшей выраженности этапов активизации осадконакопления в более засушливых южных районах Селенгинского среднегорья. В то же время в более влажных климатических условиях центральной части среднегорья увеличивается продолжительность периодов почвообразования.*

*Таким образом, строение почвенно-седиментационной серии разреза Никольск свидетельствует о чередовании периодов педогенеза и активизации экзогенных процессов и отражает региональные ландшафтно-климатические изменения последних 15 тыс. лет.*

*Ключевые слова: экзогенные процессы рельефообразования, осадконакопление, почвообразование, ландшафтно-климатические изменения, голоцен, позднеледниковье, Селенгинское среднегорье, Западное Забайкалье.*

YU. V. RYZHOV<sup>1</sup> AND V. A. GOLUBTSOV<sup>2</sup><sup>1</sup> Irkutsk Scientific Center SB RAS, 664033, Irkutsk, Lermontova str., 134, Russia, ryv@irigs.irk.ru<sup>2</sup> V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, 664033, Irkutsk, Ulan-Batorskaya str., 1, Russia, tea\_88@inbox.ru**EXOGENETIC PROCESSES AND PEDOGENESIS EVOLUTION  
IN THE TUGNUI DEPRESSION DURING LATE GLACIAL AND HOLOCENE**

*A comprehensive study of unconsolidated deposits in the Nikolsk section allowed to reconstruct exogenetic and pedogenesis processes developing within the Tugnui Depression (the Selenga Middle Mountains), with the sedimentary strata accumulation dynamics restored at different time intervals. The phases of erosion-accumulative and eolian processes activation have been established (12,9–11,7; 10,2–8,6; 2,1–1,8 cal ka BP), which permitted reconstructing chronology and specific features of the pedogenic stages. Soils indicating stabilization stages of the relief-forming processes are represented by chernozems. Concurrent stages of pedogenesis and sedimentation processes benefited the formation of light- and dark-humus stratozems due to gradual washout and inwash of material in the uppermost soil horizons persistently affected by pedogenesis.*

*Chronologically, the most pronounced phases of pedogenesis are associated with the time intervals of 11,7–10,2; 8,6–2,1 and 1,8–0,6 cal ka BP. The dynamics of sedimentation stages, phases of their stabilization and intensive pedogenesis have been determined primarily by climatic and environmental changes over the past fifteen thousand years in the study area. The obtained results are in good agreement with the stages of pedogenesis and manifestations of exogenetic processes in the adjacent territories of Russia and Mongolia.*

*A polychronous development of exogenetic and soil-forming processes controlled by the landscape-climatic heterogeneity of the study area has been revealed, which makes itself evident in better pronounced stages of enhanced sedimentation in more arid southern areas of the Selenga Middle Mountains, while in more humid environments of their central part the periods of pedogenesis tend to be more extended.*

*The structure of the pedo-sedimentary series of Nikolsk section thus demonstrates the alternating periods of pedogenesis and more intense exogenetic processes and represents changes of regional landscape and climate occurred over the last fifteen thousand years.*

Keywords: relief-forming exogenetic processes, sedimentation, pedogenesis, landscape-climate changes, Holocene, Late Glacial, Selenga Middle Mountains, Western Transbaikalia.

## ВВЕДЕНИЕ

Территория Селенгинского среднегорья характеризуется значительной неоднородностью физико-географических условий, обуславливающих высокую мозаичность ландшафтов в настоящее время и в прошлом. Рельеф и неоднородные климатические условия формируют высокое ландшафтное разнообразие этой территории. Горная восточносибирская тайга соприкасается здесь с сухими монгольскими степями, занимающими межгорные понижения южных районов. Подобное географическое положение делает Селенгинское среднегорье одной из ключевых территорий в контексте изучения динамики и эволюции природной среды Байкальского региона. Поэтому познание пространственно-временных закономерностей ландшафтно-климатических изменений на такой неоднородной территории является актуальной задачей.

Почвенно-седиментационные серии представляют один из наиболее информативных объектов для решения этих задач [1, 2]. Ранее авторами были изучены почвенно-седиментационные серии и реконструирована хронология и специфика почвообразования и осадконакопления в лесостепных ландшафтах Куйтунского межгорного понижения [3], в степных ландшафтах междуречья Селенги и Чикоя [4]. Предлагаемая работа является продолжением данных исследований и имеет целью восстановление характера педогенеза и развития экзогенных процессов рельефообразования в ландшафтах Тугнуйской котловины.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Тугнуйская котловина относится к Тугнуйскому геоморфологическому району [5] и отделена от Сухаринской межгорной впадины узкой низкогорной цепью. С севера котловину обрамляет хр. Цаган-Дабан с преобладающими абсолютными высотами 1200–1300 м. На южных склонах хребта, обращенных к Тугнуйской котловине, доминирует сухая и светлая сосновая тайга с березой, произрастающая на дерновых таежных почвах. Заганский хребет, обрамляющий котловину с юга, достигает 1100–1250 м. Северные склоны хребта заняты лиственничной тайгой на дерновых таежных почвах [6].

Для предгорий Тугнуйской впадины характерны куэстообразные останцы, которые сформировались при денудации эффузивно-терригенной толщи юрского возраста. Восточнее, в области распространения кислых эффузивов, преобладает холмистый рельеф. Центральная часть впадины занята широкой аккумулятивной равниной — заболоченной поймой р. Тугнуй [5]. Рельеф котловинной части довольно однообразен: речные долины сменяются слабонаклонными шлейфами и невысокими увалообразными хребтами, которые покрыты относительно мощной толщей суглинков и супесей. Здесь под злаково-разнотравной степью развиты черноземы. К денудационным равнинам тяготеют участки степей и сосновых боров [6]. Почвообразование на исследуемой территории протекает на мощной толще рыхлых полигенетических отложений [7], представленных аллювием древних речных террас; аллювием и пролювием «сухих» дельт; эолово-делювиальными супесями и суглинками.

Климатические условия котловины характеризуются по данным метеостанции Мухор-Шибирь (абс. высота 736 м). Среднегодовая температура равна 2,4 °С, среднегодовая сумма осадков — 264 мм, из которых 78 % выпадает за вегетационный период и только 10 % зимой. Наиболее низкие значения коэффициента увлажнения Ку (по Иванову) приходятся на весенний и осенний сезоны [6].

Для восстановления истории развития почвообразования и осадконакопления на данной территории в позднеледниковье и голоцене был детально изучен разрез Никольск (51°10' с. ш., 108°19' в. д., абс. высота 828 м). Он вскрывает отложения балочной террасы донного оврага, в разной степени проработанные почвообразованием (рис. 1).

В лабораторных условиях отобранные образцы почв и рыхлых отложений высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали и просеивали через сито диаметром 1 мм. Содержание органического углерода определено методом мокрого сжигания по Тюрину, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов —

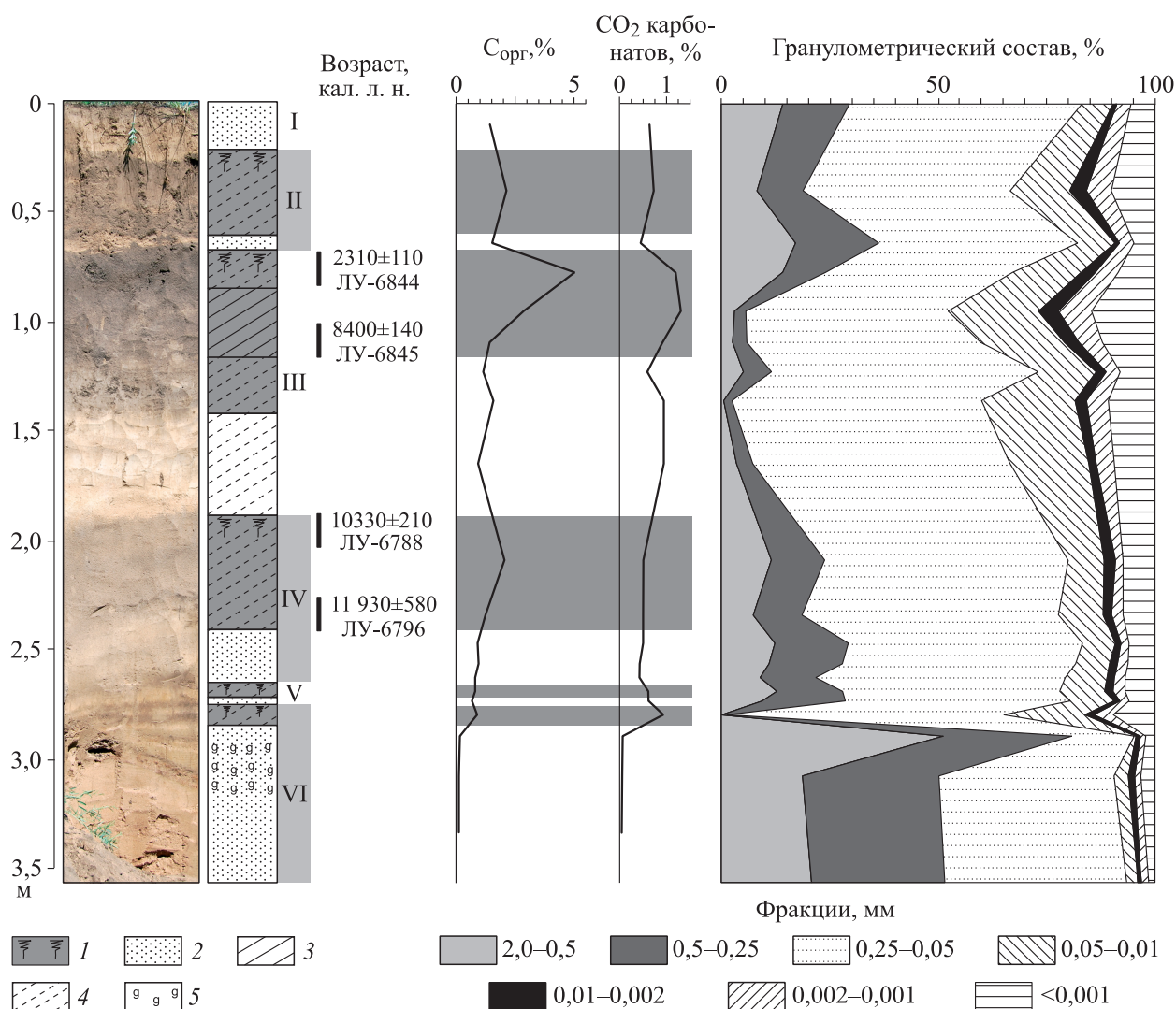


Рис. 1. Строение, физико-химические свойства и абсолютный возраст почв и отложений разреза Никольск.

1 — гумусовые горизонты погребенных почв; 2 — пески; 3 — суглинки; 4 — супеси; 5 — оглеение.

обменным (ацидиметрическим) методом. Определение гранулометрического состава выполнено по средней пробе в стоячей воде методом пипетки в варианте Н. А. Качинского. Групповой состав гумуса почв изучали по методу Кононовой–Бельчиковой [8].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Формирование отложений, слагающих исследуемую эрозионную террасу, началось в позднеледниковье и проходило на протяжении голоцена. Нижняя пачка пролювиальных песков (330–236 см) включает гумусовые горизонты почв (V и VI), возраст которых мы принимаем как позднеледниковый (вероятно, соответствующий аллерёду) на основании радиоуглеродной даты из подошвы почвы IV, относящейся к началу пребореального периода (см. рис. 1).

Почвы V и VI имеют профиль типа А–С, их гумусовые горизонты маломощны и слабо гумусированы, однако хорошо оструктурены. Горизонт С почвы VI несет признаки оглеения. Почвы могут быть классифицированы как серогумусовые. Довольно грубый состав осадков, слагающих описываемую пачку, может свидетельствовать об интенсивном протекании эрозионно-аккумулятивных процессов на территории в конце плейстоцена.

Групповой состав гумуса почв разреза Никольск

Горизонт	Глубина, см	В пирофосфатной вытяжке, %		Сгк/Сфк	НО, %
		Сгк	Сфк		
III [RU]	60–70	1,2/23,7	0,59/11,7	2,03	3,27/64,6
III [AU]	120–130	0,79/27,7	0,39/13,7	2,02	1,67/58,6
IV [RY]	177–219	0,41/20,0	0,30/14,6	1,37	1,34/65,4

Примечание. Сгк, Сфк — доля гуминовых кислот и фульвокислот в общем содержании углерода.

Стабилизация рельефообразующих процессов наступила в пребореальном периоде и отразилась практически во всех разрезах, изученных в пределах Куйтунского межгорного понижения [2]. В разрезе Никольск она фиксируется по почве IV, формировавшейся 11,7–10,2 тыс. кал. л. н. Здесь мощный гумусовый горизонт при относительно низком количестве органического вещества, максимум которого приходится на его среднюю часть (см. рис. 1). В гранулометрическом составе горизонта значительное участие принимают фракции песка (в том числе крупного и среднего). По нашему мнению, подобные признаки свидетельствуют о формировании почвы в условиях постоянного, сингенетического почвообразования, поступления мелкозема на ее поверхность. Его проработка педогенезом способствовала увеличению мощности гумусово-аккумулятивной толщи без существенного увеличения содержания гумуса. На подобный механизм формирования почвы может указывать и высокое содержание нерастворимого остатка в групповом составе ее гумуса. Последний имеет фульватно-гуматный состав (см. таблицу), что свидетельствует о формировании почвы в условиях лесостепи.

Накопление белесых эолово-делювиальных отложений, перекрывших почву IV и залегающих на глубинах 148–177 см, произошло 10,2–8,6 тыс. кал. л. н. Активизация эоловых процессов во второй половине бореального периода указывает на аридизацию климата, которая находит свое отражение и в отложениях разрезов Куйтунского межгорного понижения [3].

В атлантическом периоде (8,6 тыс. кал. л. н.) началось формирование сложной по строению почвы III. Нижняя ее часть формировалась в результате интенсивного гумусонакопления и проработки процессами почвообразования и выветривания толщи подстилающих отложений. В результате сформирован профиль чернозема вида AU–BCA–C. Однако кровля почвы III (горизонт RU) заметно отличается от подстилающего горизонта AU. Она сложена преимущественно песчаными фракциями, имеет повышенное содержание  $C_{орг}$  и, вероятно, формировалась в результате постепенного смыва и намыва материала гумусовых горизонтов почв и постоянной проработки их педогенезом. Групповой состав гумуса почвы охарактеризован как гуматный и в стратифицированном, и в гумусовом горизонтах (см. таблицу). Почва III может быть классифицирована как стратозем темного гумусовый, наложенный на чернозем, с профилем [RU]–[AU]–BCA.

Формирование почвы III завершилось очередным этапом активизации эрозионно-аккумулятивных процессов около 2,3 тыс. кал. л. н., интенсивность которых впоследствии несколько ослабла, что выразилось в формировании стратозема серогумусового с профилем [RY]–D (почва II), который перекрыт современными делювиально-пролювиальными отложениями (см. рис. 1).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На рис. 2 представлены: *A* — динамика увлажнения в северной части Монголии (*a1*) и Байкальском регионе (*a2*) [9]; *B* — изотопно-кислородная шкала NGRIP [10]; *B* — динамика условий теплообеспеченности в Прибайкалье [11]; *Г* — смены сухих и влажных периодов в северной части Монголии (*г1*) [12] и (*г2*) [13]; *Д* — ландшафты, доминировавшие в позднеледниковье и голоцене в Байкальском регионе (*д1*) [14], на междуречье Селенги и Чикоя (*д2*) [4] и в пределах бассейна р. Куйтунка [3] и Тугнуйской котловины (*д3*) [настоящая работа]; *Е* — сводная схема периодов почвообразования и осадконакопления на междуречье Селенги и Чикоя [4]; *Ж* — основные периоды педогенеза в северной и центральной частях Монголии (*ж1*) [15], (*ж2*) [16], (*ж3*) [17]; *З* — сводная схема периодов педогенеза и осадконакопления в Куйтунском межгорном понижении [2]; *И* — основные периоды педогенеза и осадконакопления в Тугнуйской котловине [настоящая работа]; *К* — ведущие экзогенные процессы. Условные обозначения: *1* — периоды интенсивного педогенеза; *2* — периоды малоинтенсивного прерывистого почвообразования; *3* — периоды интенсивного развития экзогенных

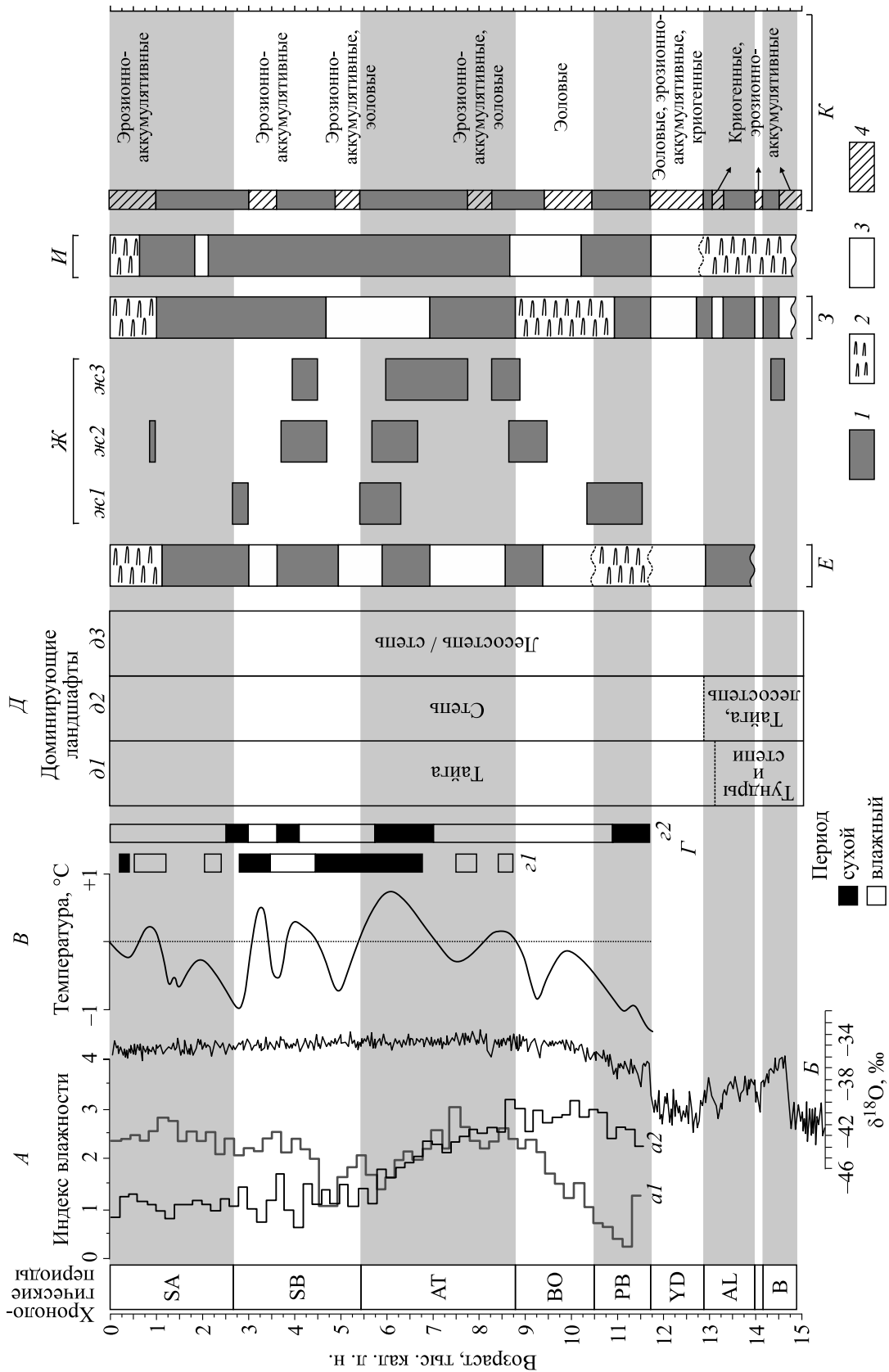


Рис. 2. Корреляционная схема основных периодов почвообразования и осадконакопления в центральной части Селенгинского среднегорья с динамикой ландшафтно-климатических условий Байкальского региона и Монголии в позднеледниковье и голоцене (см. пояснение в тексте).



процессов; 4 — основные периоды активизации экзогенных процессов в центральной части Селенгинского среднегорья и на сопредельных территориях.

Сравнение полученных материалов (см. рис. 2, *И*) с педолитологическими данными по Селенгинскому среднегорью, северной и центральной частям Монголии показало хорошую сходимость периодов педогенеза и активизации экзогенных процессов. Наибольшей хронологической корреляцией характеризуются этапы пребореального педогенеза (11,7–10,5 тыс. кал. л. н.), первой половины атлантического периода (8,6–7,3 тыс. кал. л. н.) и середины субатлантического периода (1,8–0,6 тыс. кал. л. н.). В то же время только две фазы активизации экзогенных процессов, синхронные с таковыми на прилегающих территориях, нашли отражение в разрезе Никольск — позднеледниковая, соответствующая позднему дриасу (12,9–11,7 тыс. кал. л. н.), и бореальная (10,5–9,4 тыс. кал. л. н.).

Следует также отметить лучшую выраженность периодов активизации экзогенных процессов в южных районах Селенгинского среднегорья, на севере и в центральной части Монголии. Некоторые из этих периодов не нашли отражения в Куйтунском межгорном понижении и Тугнуйской котловине, вследствие чего периоды педогенеза здесь были продолжительнее (см. рис. 2, *Е–И*). Таким образом, можно говорить о полихронности в развитии экзогенных процессов и почвообразования в разных частях Селенгинского среднегорья.

Это явление наиболее четко прослеживается по соотношению временных интервалов почвообразования и осадконакопления. В более засушливых южных районах Селенгинского среднегорья этапы активизации осадконакопления проявились сильнее (см. рис. 2, *Е*). Многие из них не отмечены в более влажных условиях центральной части среднегорья, поэтому периоды педогенеза здесь были продолжительнее (см. рис. 2, 3, *И*).

Общеизвестно, что степные ландшафты формируются в более засушливых условиях и, соответственно, они более чувствительны к смене климатических параметров, чем лесостепные. Поэтому и эрозионно-аккумулятивные формы рельефа в относительно сухих степных условиях отличаются повышенной динамичностью, что проявляется в более четкой выраженности периодов активизации экзогенных процессов в южной части среднегорья.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Строение почвенно-седиментационной серии разреза Никольск свидетельствует о чередовании периодов педогенеза и активизации экзогенных процессов и отражает региональные ландшафтно-климатические изменения последних 15 тыс. лет. Почвы, фиксирующие этапы стабилизации рельефообразующих процессов, представлены черноземами. Совместное протекание педогенеза и осадконакопления выразилось в формировании стратоземов темно- и светлогумусовых, образовавшихся в результате постепенного смыва и намыва материала гумусовых горизонтов почв и их постоянной проработки педогенезом.

Хронологически наиболее выраженные фазы почвообразования имели место 11,7–10,2; 8,6–2,1 и 1,8–0,6 тыс. кал. л. н. Этапы активизации экзогенных процессов рельефообразования соответствуют интервалам 12,9–11,7; 10,2–8,6; 2,1–1,8 тыс. кал. л. н.

Выявлена внутрирегиональная полихронность в развитии экзогенных процессов и почвообразования, проявившаяся в лучшей выраженности этапов активизации осадконакопления в более засушливых южных районах Селенгинского среднегорья. В более влажных климатических условиях центральной части среднегорья возрастает продолжительность периодов почвообразования.

*Работа выполнена в рамках Интеграционной программы ИИЦ СО РАН «Фундаментальные исследования и прорывные технологии как основа опережающего развития Байкальского региона и его межрегиональных связей».*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сычева С. А. Ритмы почвообразования и осадконакопления в голоцене (сводка  $^{14}\text{C}$ -данных) // Почвоведение. — 1999. — № 6. — С. 677–687.
2. Голубцов В. А. Почвообразование и осадконакопление в Селенгинском среднегорье в позднеледниковье и голоцене: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М.: МГУ, 2015. — 26 с.
3. 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 природ. ресурсы. — 2015. — № 3. — С. 114–125.

4. **Рыжов Ю. В., Голубцов В. А., Кобылкин Д. В.** Экзогенные процессы и почвообразование в степных ландшафтах Селенгинского среднегорья в позднеледниковье и голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. — 2016. — № 6. — С. 129–140.
5. **Нагорья Прибайкалья и Забайкалья** / Под ред. Н. А. Флоренсова. — М.: Наука, 1974. — 359 с.
6. **Цыбжитов Ц. Х., Цыбикдоржиев Ц. Ц., Давыдова М. А., Гончиков Б.-М. Н.** Структура почвенного покрова Тугнуйской котловины Забайкалья // Почвоведение. — 2008. — № 8. — С. 928–936.
7. **Базаров Д.-Д. Б.** Четвертичные отложения и основные этапы развития рельефа Селенгинского среднегорья. — Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1968. — 156 с.
8. **Кононова М. М.** Органическое вещество почв. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 314 с.
9. **Wang W., Feng Z.** Holocene moisture evolution across the Mongolian Plateau and its surrounding areas: A synthesis of climatic record // Earth-Sci. Rev. — 2013. — Vol. 122. — P. 38–57.
10. **NGRIP members.** High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period // Nature. — 2004. — Vol. 431. — P. 147–151.
11. **Воробьева Г. А.** Палеоклиматы Прибайкалья в позднем плейстоцене и голоцене // Совещание «Байкал — природная лаборатория для исследования изменений окружающей среды и климата». — Иркутск: ЛИСНА, 1994. — Т. 2. — С. 54–55.
12. **Fukumoto Y., Kashima K., Ganzorig U.** The Holocene environmental changes in boreal fen peatland of northern Mongolia reconstructed from diatom assemblages // Quatern. Intern. — 2014. — Vol. 348. — P. 66–81.
13. **Zhang C., Zhang W., Feng Z., Mischke S., Gao X., Gao D., Sun F.** Holocene hydrological and climatic change on the northern Mongolian Plateau based on multi-proxy records from Lake Gun Nuur // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. — 2012. — Vol. 323–325. — P. 75–86.
14. **Tarasov P., Bezrukova E., Karabanov E., Nakagawa T., Wagner M., Kulagina N., Letunova P., Abzaeva A., Granoszewski W., Riedel F.** Vegetation and climate dynamics during the Holocene and Eemian interglacials derived from Lake Baikal pollen records // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. — 2007. — Vol. 252. — P. 440–457.
15. **Lehmkuhl F., Hülle D., 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.
16. **Lehmkuhl F., Hilgers A., Fries S., Hülle D., Schlütz F., Shumilovskikh L., Felauer T., 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.
17. **Feng Z., Zhai X., Ma Y., Huang C., Wang W., Zhang H., Khosbayar P., Narantsetseg T., Liu K., Rutter N.** Eolian environmental changes in the Northern Mongolian Plateau during the past 35,000 yr // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. — 2007. — Vol. 245. — P. 505–517.

*Поступила в редакцию 25 октября 2016 г.*