

УДК 551.4.042 + 551.435.174

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-1(79-87)

**Р.К. НЕПОП\*, \*\*, А.Р. АГАТОВА\*, \*\***

\*Институт геологии и минералогии СО РАН,  
630090, Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, Россия, rnk@igm.nsc.ru, agatr@mail.ru  
\*\*Уральский федеральный университет,  
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19, Россия, rnk@igm.nsc.ru, agatr@mail.ru

## РАДИОУГЛЕРОДНАЯ ХРОНОЛОГИЯ ГОЛОЦЕНОВЫХ СЕЛЕЙ В ДОЛИНЕ РЕКИ БОГУТЫ (РУССКИЙ АЛТАЙ)

*Проведены комплексные геолого-геоморфологические и геохронологические исследования постледниковой динамики ландшафтов Богутинской впадины, представляющей собой восточное ответвление крупнейшей в Русском Алтае Чуйской впадины. Охарактеризованы основные этапы ландшафтно-климатических изменений позднего плейстоцена и голоцена этой территории. Установлено, что, несмотря на господствующий в этой части Алтая аридный климат, среди процессов, преобразующих склоны освободившихся от ледников долин, в пределах западного макросклона хр. Чихачева, обрамляющего Богутинскую впадину, проявлены сели. Изучено семь разрезов нижнечетвертичных отложений различного генезиса с хрономаркерами (палеопочвами, торфами, гиттиями, древесными углями) и получено 18 радиоуглеродных дат. Полученные данные свидетельствуют о том, что покровного оледенения в пределах Богутинской впадины 14 000 л. н. уже не существовало. Установлено, что климат первой половины голоцена был более теплым и влажным по сравнению с современным, и в ныне безлесной долине в течение продолжительного времени существовала лесная растительность. Вторая половина голоцена в целом характеризуется более холодным климатом и прогрессирующей аридизацией. Новые радиоуглеродные даты позволили реконструировать голоценовую хронологию крупных селей, происходивших в пределах изучаемого района в периоды 8000–7000 л. н., 2900–1000, а также около 650 и 300 л. н. Последнее крупное селевое событие было зафиксировано в 2017 г. Помимо климатических факторов, таких как деградация мерзлоты и таяние снега, одним из триггеров селевых потоков в регионе могут являться землетрясения.*

*Ключевые слова: склоновые процессы, палеоландшафты, позднечетвертичные отложения, радиоуглеродное датирование, Юго-Восточный Алтай, голоцен.*

**R.K. NEPOP\*, \*\*, A.R. AGATOVA\*, \*\***

\*Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
630090, Novosibirsk, pr. Akademika Koptuyuga, 3, Russia, rnk@igm.nsc.ru, agatr@mail.ru  
\*\*Ural Federal University,  
620002, Yekaterinburg, ul. Mira, 19, Russia, rnk@igm.nsc.ru, agatr@mail.ru

## RADIOCARBON CHRONOLOGY OF HOLOCENE DEBRIS FLOWS IN THE BOGUTY RIVER VALLEY (RUSSIAN ALTAI)

*Comprehensive geological-geomorphological and geochronological investigations were made into the post-glacial dynamics of landscapes in the Boguty depression which is the eastern branch of Russian Altai's largest Chuya depression. The main stages of landscape evolution and climate changes in the Late Pleistocene and Holocene are outlined. It is established that in spite of the arid climate dominating this part of Altai, debris flows occurred among the processes transforming the slopes of the deglaciated valleys, within the western macroslope of Chikhachev Range surrounding the Boguty depression. We studied seven profiles of Lower Quaternary deposits of a different genesis with chronomarkers (paleosols, peats, gyttjas and charcoals) and obtained 18 radiocarbon dates. Data obtained indicate that there was no land ice-sheet within the Boguty depression 14 ka already. It is established that the climate of the first half of the Holocene was warmer and more humid when compared with today's climate, and forest vegetation grew in the now treeless valley for a long period of time. The latter half of the Holocene is, in general, characterized by a colder climate and by a progressive aridization. New radiocarbon dates allowed us to reconstruct the Holocene chronology of large debris flows occurring within the study area about 8000–7000, 2900–1000, 650 and 300 cal BP. The last large debris flow occurred in 2017. In addition to climatic factors, such as permafrost degradation and snowmelt, one of the triggers of debris flows in the region can be earthquakes.*

*Keywords: slope processes, paleolandscapes, Late Quaternary deposits, radiocarbon dating, Southeastern Altai, Holocene.*

## ВВЕДЕНИЕ

Исследования постледниковой динамики ландшафтов Алтая показывают, что среди комплекса процессов, преобразующих склоны и днища освободившихся от ледников долин, проявлены и сели. Алтайская селевая область, включающая российскую часть Алтайской горной системы, входит в Южно-Сибирский регион теплой зоны селевой деятельности [1]. Она характеризуется континентальным климатом, умеренным увлажнением и умеренно суровой зимой, прерывистым и островным распространением многолетнемерзлых пород. Согласно [2], в пределах Алтайской селевой области преобладают площади с потенциальной (79 %) и низкой (19,8 %) селевой опасностью. Слабое развитие селевой деятельности здесь связано с ярусностью рельефа, залесенностью и задернованностью хребтов низких и средних ярусов, занимающих большую часть территории, а также незначительным количеством осадков, особенно в ее юго-восточной части. Ограниченные по площади районы средней степени опасности (1,2 %) расположены лишь в горном обрамлении Телецкого озера (хребты Корбу, Чулышманский), где формированию селей способствуют максимальное для Алтая количество осадков и значительная расчлененность рельефа, а также на юге и юго-востоке области, в наиболее высоких хребтах, для которых характерно современное оледенение (Катунский, Южно-Чуйский, Северо-Чуйский) [1]. Повторяемость селевых явлений здесь крайне низкая — один случай в 15–30 лет [2]. В последний раз такое событие было зафиксировано в юго-восточной части Русского Алтая (ЮВ Алтае) в 2012 г., когда в результате продолжительных ливневых дождей склоновые процессы во многих долинах заметно активизировались, а в долине р. Маашей (Северо-Чуйский хребет) произошел спуск озера, приведший к формированию водокаменного потока [3, 4].

Следует заметить, что выводы о частоте селепроявлений на территории Алтая, приведенные в [2], основываются на ограниченном фактическом материале, полученном во второй половине прошлого века [5–7], при этом ЮВ Алтай остается слабо изученным в отношении селевой деятельности. Еще недавно имелись сведения о селепроявлениях лишь в отдельных долинах этой части Алтая [6]. К настоящему времени для изучения характера и закономерностей проявления быстро развивающихся геоморфологических процессов в пределах репрезентативных участков ледниковых и внеледниковых высокогорных областей Алтая разработана геоинформационная система «Быстро развивающиеся геоморфологические процессы» [8]. Согласно имеющимся данным [8], в ЮВ Алтае выявлено около 250 селевых бассейнов, общая площадь которых составляет почти 35 % его территории. Площадь водосбора большинства селей находится в пределах 0,1–4 км<sup>2</sup>, длина большинства селевых рытвин не превышает 2 км. До 50 % селевых очагов располагается на склонах южной, юго-западной и юго-восточной экспозиций и около 14 % приурочено к склонам северо-восточной и северо-западной экспозиций. Подавляющее большинство селевых очагов находится на высотах от 2000 до 3000 м над ур. моря, с максимумом в высотной зоне 2500–2700 м.

Подобные геоинформационные системы представляют собой весьма эффективный инструмент анализа фактического материала — аэрофото- и космоснимков, топографических карт, данных полевых и стационарных наблюдений. Однако рассматриваемая высокогорная территория изучена неравномерно, современные селевые процессы восточной, сопредельной с Монголией, части Алтая в настоящее время практически не исследованы, а периодичность активизаций селевого процесса в голоцене не анализировалась вообще. В то же время в рельефе и отложениях ЮВ Алтая мы фиксируем следы неоднократных активизаций селевых процессов, изучение которых позволит полнее реконструировать климат и сейсмичность Алтайской внутриконтинентальной горной системы в голоцене, а также сформировать основу для прогнозов динамики быстрых геоморфологических процессов в ее пределах.

Цель данной работы — установление радиоуглеродной хронологии селевой активности в восточном обрамлении крупнейшей на Алтае Чуйской межгорной впадины после деградации сартанского оледенения. Репрезентативным районом послужила долина р. Богуты, где в ходе исследований 2011–2017 гг. нами были изучены формы рельефа и ряд обнажений с хрономаркерами, свидетельствующие о периодах усиления селевых процессов в голоцене в этом наиболее аридном районе Русского Алтая.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Река Богуты относится к бассейну магистральной водной артерии ЮВ Алтая — Чуи. При слиянии Богуты и Нарынгола образуется Юстыд — одна из двух рек, дающих начало Чуе. Бассейн Богуты протяженностью около 35 км включает часть западного макросклона хр. Чихачева и небольшую (25 × 13 км) Богутинскую впадину, представляющую собой восточное ответвление Чуйской впадины

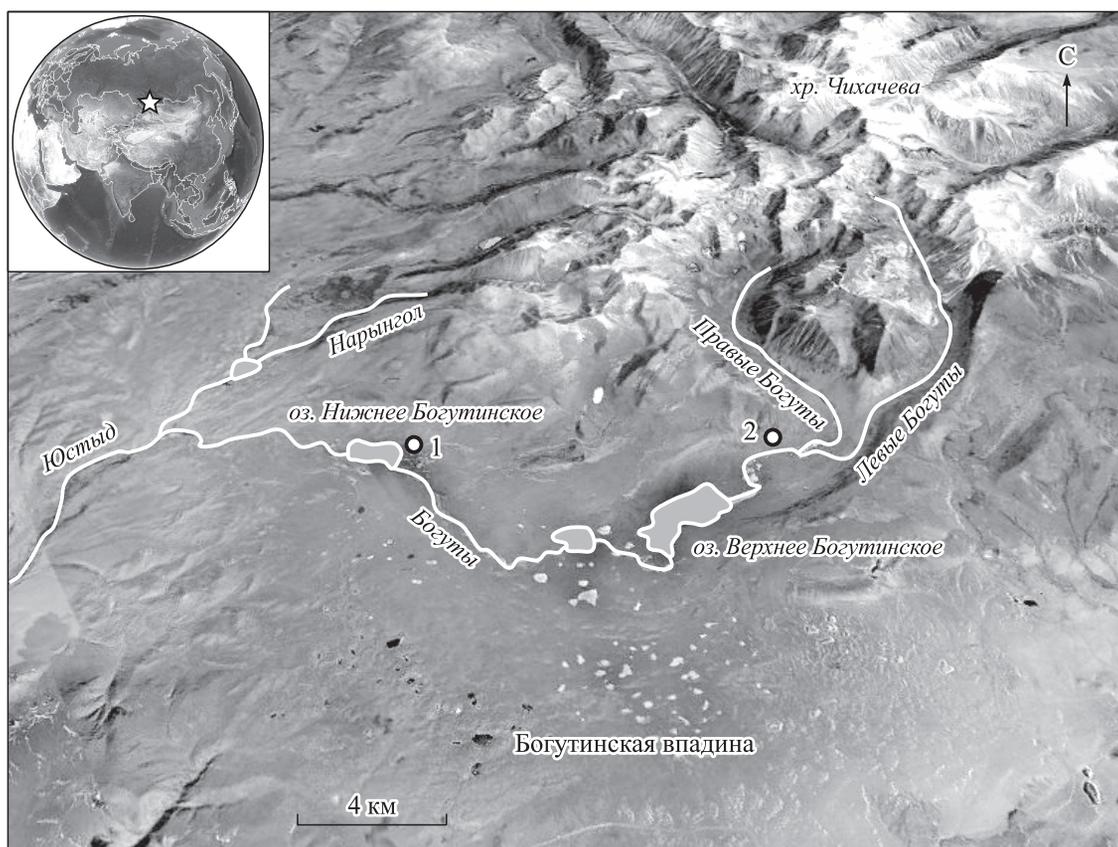


Рис. 1. Богутинская впадина.

Цифрами обозначены места отбора образцов на радиоуглеродное датирование.

(рис. 1). Хребт Чихачева протягивается в субмеридиональном направлении почти на 100 км; в южной оконечности высота его гребня максимальна, в пределах бассейна р. Богуты она составляет 3550–3700 м над ур. моря, а западный склон имеет наибольшую протяженность. Берущие начало в осевой части хребта Правые и Левые Богуты при слиянии образуют р. Богуты, которая при выходе из хребта дренирует уже Богутинскую впадину.

Ступенчатая морфология склона хребта свидетельствует о разломно-блоковых деформациях доорогенной поверхности выравнивания, реликты которой к настоящему времени интенсивно переработаны процессами оледенения и подвергаются криогенному выветриванию. Ряд ступеней, по всей видимости, представляет собой результат ледниковой планации. В гребневой части хребта развит альпийский рельеф, в течение плейстоцена уничтоживший древнюю доорогенную поверхность в пределах рассматриваемого бассейна. Небольшие ледники, существовавшие в карах и цирках еще в малую ледниковую эпоху (XIII–XIX вв.), сейчас уже практически полностью деградировали [9]. Крупноглыбовые морены позднеплейстоценового оледенения образуют сплошной чехол, перекрывающий всю Богутинскую впадину, оканчиваясь уже в долине Юстыда на отметках 2250–2230 м над ур. моря крутым уступом высотой до 5–10 м. Деградиация ледникового покрова, возможно, периодически сменявшаяся наступаниями Богутинского ледника, сопровождалась последовательным формированием во впадине комплексов конечно-боковых морен, моренно-подпрудных и термокарстовых озер. Зона разлома, отделяющего нижнюю ступень хребта, также проработана ледниковыми процессами, что привело к формированию на поверхности этой ступени короткой и неглубокой долины-трога, субпараллельной долине р. Богуты в ее среднем течении. Сейсморвы, нарушающие склоны трогов, свидетельствуют о сейсмической активности этой территории в постледниковую эпоху.

В пределах бассейна высокогорная степь переходит в горную тундру, лесная растительность здесь полностью отсутствует. Вследствие сурового климата долина освоена малочисленным кочевым населением лишь в нижнем течении, от места слияния с Нарынголом вплоть до нижнего из моренно-

подпрудных озер — Нижнего Богутинского. Выше по долине, в ее средней части, осуществляется лишь выпас скота и ловля рыбы.

Именно в районе Нижнего Богутинского озера возникли условия для формирования и схода селевых потоков. Благодаря наличию естественных обнажений селевая долина безымянного правого притока р. Богуты (рис. 2) представляет собой ключевой объект для ландшафтно-климатических реконструкций и установления периодов активизации склоновых процессов в постледниковую эпоху.

В ходе исследований, направленных на изучение быстро протекающих рельефообразующих процессов и реконструкцию изменений ландшафтов восточной периферии Чуйской впадины и хребта Чихачева в позднем неоплейстоцене—голоцене, был задействован комплекс методов. Геолого-геоморфологический метод базировался на данных полевых исследований, дешифрировании аэрофото- и космоснимков. Были изучены семь разрезов четвертичных отложений различного генезиса. Комплексный биосостав торфов определялся О.Н. Успенской (Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства РАСХН, Москва), порода палеодеревьев по обломкам древесных углей, извлеченных из палеопочв, — В.С. Мыгланом (Сибирский федеральный университет, Красноярск).

Радиоуглеродное датирование палеопочв, торфов, древесных углей было проведено в радиоуглеродных лабораториях Института геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск) и Института географии РАН (Москва). Определение остаточной активности углерода в обеих лабораториях выполнено на установке QUANTULUS-1220. Для расчета возраста использован период полураспада  $^{14}\text{C}$  5570 лет. Калибровка радиоуглеродного возраста проводилась в программе CALIB Rev 5.0 [10] с использованием калибровочной базы IntCal09 [11]. Интервал калиброванного возраста приведен на 2σ.

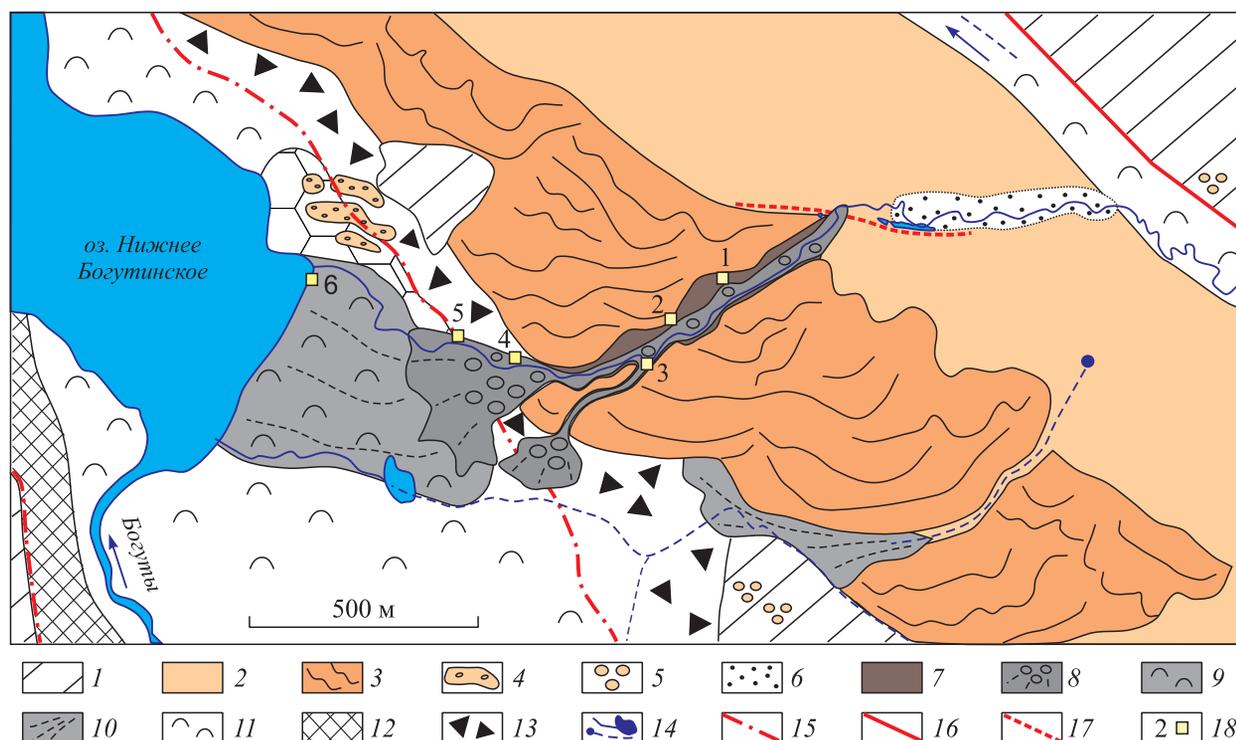


Рис. 2. Геоморфологическая схема ключевого участка в районе Нижнего Богутинского озера.

1 — скальные склоны; 2 — моренные отложения позднего (?) плейстоцена; 3 — моренные отложения, подверженные оползанию; 4 — размыйтый комплекс конечно-боковых морен более поздней генерации; 5 — эрратические валуны; 6 — зона распространения озерных песков; 7 — днище долины безымянного притока р. Богуты, выполненное отложениями различного генезиса; 8 — крупноглыбовые селевые отложения; 9 — заболоченные пролювиальные отложения; 10 — пролювиальные отложения; 11 — заболоченное днище долины; 12 — отложения днища долины, подверженные криогенным процессам; 13 — осыпные и оползневые отложения, подверженные криогенным процессам; 14 — гидросеть; 15 — палеоуровень оз. Нижние Богуты 2400 м над ур. моря; 16 — разлом, разделяющий хр. Чихачева и Богутинскую впадину; 17 — трещина отседания; 18 — местоположение и номера разрезов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Геоморфологические исследования.** Следы неоднократных селей были зафиксированы в долине безымянного притока, врезанной в правый склон долины Богуты у северо-восточного края Нижнего Богутинского озера (см. рис. 2). Склон долины Богуты юго-западной экспозиции практически полностью перекрыт моренным валунно-глыбовым суглинком. Преобладание гранитных глыб и валунов в морене указывает на поступление обломочного материала из верховьев долины Богуты, где на поверхность выходит крупный гранитный массив. Склон высотой до 150 м имеет уклон до 16°. На участке протяженностью около 2 км отложения подвержены солифлюкции. Оползание моренного покрова начинается с высоты 2550 м над ур. моря, что значительно выше уровней ледниково-подпрудных озер, неоднократно существовавших в Курайско-Чуйской системе впадин в неоплейстоцене [12–14], и локальных моренно-подпрудных озер, занимавших долину р. Богуты в ходе деградации последнего крупного плейстоценового оледенения. В то же время на поверхности нижней ступени хребта в пределах описанной выше неглубокой тектогенной долины происходит аккумуляция атмосферных осадков и талых снеговых вод с ближайшей куполовидной вершины, что приводит к деградации мерзлоты и формированию здесь верхового болота. Избыток влаги, по всей видимости, и является одной из причин площадного оползания рыхлых отложений ниже по склону. Кроме того, рассматриваемый оползневой участок находится в зоне сочленения разломов разного ранга, что позволяет говорить о сейсмическом процессе как об еще одном возможном триггере оползания моренного материала.

Секущая оползневой склон долины безымянного ручья имеет разломное происхождение — она расположена на продолжении одного из второстепенных разломов, участвующего в формировании блочной структуры западного макросклона хр. Чихачева, и резко отличается по глубине и крутизне склонов от остальных долин. В свою очередь, большая глубина долины частично обусловлена деятельностью направленного по разлому водотока — это единственный постоянный ручей в обрамлении Нижнего Богутинского озера.

Четкообразные расширения долины притока, возникшие за счет пересечения ею оползневых валов и межваловых понижений, выполнены отложениями локальных озер и болот, делювием, древними селевыми отложениями, перекрывающими горизонты палеопочв с древесными углями. Днище этой долины, в свою очередь, прорезано смещенным к левому склону более поздним селевым лотком длиной около 750 м, по которому в долину р. Богуты также неоднократно проходили мощные селевые выносы глыбового и мелкозернистого материала — размываемых моренных отложений. Высота основного селевого конуса составляет около 350 м, ширина достигает 300 м. На высоте 2445 м над ур. моря от селевого лотка отходит левый боковой врез длиной 180 м, оканчивающийся меньшим по размерам селевым конусом (см. рис. 1, б, II). Нижняя часть основного пролювиально-селевого конуса приурочена к высоте 2400 м над ур. моря — верхнему палеоуровню Нижнего Богутинского озера, хорошо сохранившемуся в рельефе. Снижение уровня моренно-подпрудного озера до отметки около 2394 м над ур. моря, а затем до современного уровня — около 2387 м над ур. моря — определяло изменение локального базиса эрозии.

В среднем течении р. Богуты (см. рис. 1, цифра 1) в пределах описанного ключевого участка были изучены шесть разрезов (см. рис. 2), два из которых расположены на правом склоне молодого селевого вреза на высотах 2500 и 2472 м над ур. моря, три — в месте его выхода в долину р. Богуты в пределах селевого конуса и на его нижней границе на высотах 2460, 2412, 2396 м над ур. моря. Еще один разрез изучен в береговом обнажении Нижнего Богутинского озера на высоте 2387 м над ур. моря.

В верховьях долины Богуты в районе Верхнего Богутинского озера на высоте 2540 м над ур. моря было исследовано береговое обнажение на поверхности пролювиального конуса (см. рис. 1, цифра 2). Он расположен в устье короткой (900 м) и крутой эрозионной долины, дренирующей правый склон долины Богуты. Подножье склона перекрыто сейсмогенными обвалами и каменными глетчерами. Крупный для такой короткой долины конус (длина 500 м, ширина 330 м) формировался с участием селевых выносов.

Приуроченность к зоне пересечения разломов разного ранга позволяет предполагать в качестве одного из спусковых механизмов, вызывающих площадное оползание моренных отложений и сход селей в районе Нижнего Богутинского озера, сейсмические активизации, период повторяемости которых в ЮВ Алтае составляет 400–500 лет [15, 16]. В то же время нельзя не учитывать то обстоятельство, что интенсивно нарушенный оползанием моренный субстрат способствует сходу селей, вызываемых климатическими причинами — ливневыми дождями и таянием снега (обильные летние

снегопады, приводящие к многократному увеличению стока, происходят здесь каждый год). Таким образом, сели в долине Богуты могут иметь комплексное сейсмогенно-климатическое происхождение.

**Радиоуглеродное датирование.** Все полученные в рамках данного исследования радиоуглеродные даты представлены в таблице. Всего было датировано 18 образцов из 7 разрезов в высотном интервале 2540–2387 м над ур. моря. Из них 10 образцов представляют собой погребенные почвы, 3 — погребенный торф, 3 — древесные угли, 2 — озерные гиттии. Полученный массив дат характеризует временной интервал от 14 000 до 300 лет и послужил основой для геохронологической привязки проведенной реконструкции ландшафтных изменений и периодов активизации склоновых процессов в долине р. Богуты.

**Радиоуглеродная хронология периодов активизации склоновых процессов.** Результаты геолого-геоморфологических исследований и датирования отложений изученных разрезов позволили реконструировать следующий сценарий развития склоновых процессов в долине р. Богуты.

Радиоуглеродная дата  $13\,786 \pm 166$  кал. л. н. (ИГАН 4098) наиболее древнего торфа, залегающего на днище врезанной в морену долины безымянного правого притока р. Богуты (см. рис. 2, разрез 1), свидетельствует о том, что возраст моренных отложений в этой части долины намного древнее позднего дриаса (Younger Drias), как это предполагалось ранее [12, 17]. К 14 000 л. н. рассматриваемая долина уже сформировалась, но была неглубокой и заболоченной. Ледники в восточном обрамлении Чуйской впадины к этому времени если и существовали, то на исследуемом склоне хр. Чихачева располагались выше 2500 м над ур. моря — места находки торфа. Остатки древесной и кустарниковой растительности в его составе свидетельствуют о более теплом и влажном климате по сравнению с современным — в настоящее время на западном макросклоне хр. Чихачева древесная растительность отсутствует.

Около 11 000 л. н. (СОАН 9368) в пределах этой долины наблюдается стабилизация склоновых процессов, на высоте 2472 м над ур. моря формируется почва (см. рис. 2, разрез 2). По всей видимости, процесс почвообразования был длительным — из этого же почвенного горизонта получена дата  $8082 \pm 292$  кал. л. н. (СОАН 9369).

Обилие древесных углей в палеопочвенных прослоях на этой же высоте свидетельствует о распространении лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb) на хр. Чихачева около 8600–8200 л. н. (СОАН 8674, СОАН 9366-2, ИГАН 4089) и лесных пожарах, приводивших к гибели лиственничников. Само суще-

Радиоуглеродные даты голоценовых отложений Богутинской впадины (исследования 2011–2015 гг.)

Лабораторный номер	Тип образца	Положение	Глубина залегания, м	Высота, м над ур. моря	$^{14}\text{C}$ возраст	Калиброванный возраст ( $2\sigma$ )
СОАН 8674	д.у.	т.1 р.2	1	2472	$7780 \pm 75$	$8629 \pm 226$
СОАН 8675	п.п.	т.1 р.1	0,2	2500	$1070 \pm 40$	$993 \pm 66$
СОАН 8676	п.п.	т.1 р.1	1,2	2500	$3335 \pm 35$	$3576 \pm 104$
СОАН 9365	п.п.	т.1 р.2	0,2	2472	$2645 \pm 80$	$2721 \pm 231$
СОАН 9366-1	п.п.	т.1 р.2	0,7	2472	$6945 \pm 125$	$7787 \pm 209$
СОАН 9366-2	д.у.	т.1 р.2	0,7	2472	$7470 \pm 150$	$8265 \pm 282$
СОАН 9367	п.п.	т.1 р.2	1,3	2472	$6050 \pm 140$	$6913 \pm 347$
СОАН 9368	п.п.	т.1 р.2	2,0	2472	$9650 \pm 180$	$11\,022 \pm 582$
СОАН 9369	п.п.	т.1 р.2	2,0	2472	$7245 \pm 150$	$8082 \pm 292$
СОАН 9370	о.г.	т.1 р.1	1,4	2500	$2690 \pm 60$	$2838 \pm 102$
СОАН 9371	о.г.	т.1 р.1	1,3	2500	$2780 \pm 80$	$2943 \pm 193$
СОАН 9373	п.п.	т.1 р.5	0,6	2396	$740 \pm 40$	$652 \pm 83$
СОАН 9447	п.п.	т.1 р.3	0,4	2460	$245 \pm 40$	$289 \pm 145$
ИГАН 4087	п.т.	т.2	0,3	2540	$270 \pm 70$	$293 \pm 209$
ИГАН 4089	д.у.	т.1 р.2	1,0	2472	$7640 \pm 100$	$8415 \pm 212$
ИГАН 4091	п.п.	т.1 р.2	1,0	2472	$7350 \pm 90$	$8179 \pm 179$
ИГАН 4098	п.т.	т.1 р.1	1,2	2500	$11\,910 \pm 70$	$13786 \pm 166$
ИГАН 4823	п.т.	т.1 р.6	0,6	2387	$6780 \pm 80$	$7643 \pm 147$

Примечание. Тип образца: д.у. — древесный уголь, п.п. — погребенная почва, п.т. — палеоторф, о.г. — озерные гиттии. Место отбора (т.) образца указано на рис. 1, а номер разреза (р.) — на рис. 2.

ствование древесной растительности и ширина годичных колец характеризуют климат раннего голоцена как более теплый и влажный по сравнению с современным.

На стабилизацию склоновых процессов 8200–7800 л. н. указывают радиоуглеродные даты погребенных почв, включающих эти угли (СОАН 9366-1, ИГАН 4091) (см. рис. 2, разрез 2). Во всех случаях возраст углей на 300–400 лет больше возраста вмещающих почв, что может быть объяснено как более поздним началом формирования почв, так и возможным омоложением гумуса в ходе длительного педогенеза [18]. Ранее вывод о формировании почв и развитии лесной растительности 9000–8000 л. н. в долине Богуты на основании серии из четырех некалиброванных радиоуглеродных дат древесного угля сделал В.В. Бутвиловский [12] (позже вся серия дат СОАН 2122, СОАН 2288–2290 была опубликована в каталоге [19]).

Позднее 8000–7000 л. н., по мнению В.В. Бутвиловского [12], лесные сообщества после пожаров в долине Богуты не восстановились, и, возможно, уже в это время наметился тренд в сторону большей суровости и континентальности климата. Лесные почвы и древесные угли более молодого возраста в долине Богуты, действительно, нами не обнаружены, но на возможное локальное распространение древесной растительности позднее 7000 л. н. указывает присутствие слабо летучей пылицы лиственницы в верхних горизонтах торфа в разрезе 5 на берегу Нижнего Богутинского озера [20].

Весьма вероятно, что значительному сокращению ареала распространения древесной растительности на этом рубеже в долине Богуты в значительной мере способствовали сели. Прохождение селевого потока с выносом валунно-глыбового материала в период 8000–7000 л. н. реконструируется по радиоуглеродной дате СОАН 9367 палеопочвы, сформированной на селевых отложениях на высоте 2472 м над ур. моря (рис. 3). К этому времени уровень Нижнего Богутинского озера уже находился на отметке, близкой к современной (около 2387 м над ур. моря), что фиксируется радиоуглеродной датой нижнего слоя торфяных отложений, сформировавшихся на озерных суглинках, —  $7643 \pm 147$  кал. л. н. (ИГАН 4823) (см. рис. 2, разрез 6). Соответственно, селевый конус формируется уже на осушенной части днища долины р. Богуты.

К 3500 л. н. на высоте 2500 м над ур. моря (см. рис. 2, разрез 1) на днище долины рассматриваемого правого притока р. Богуты поверх переотложенных моренных отложений сформировался поч-

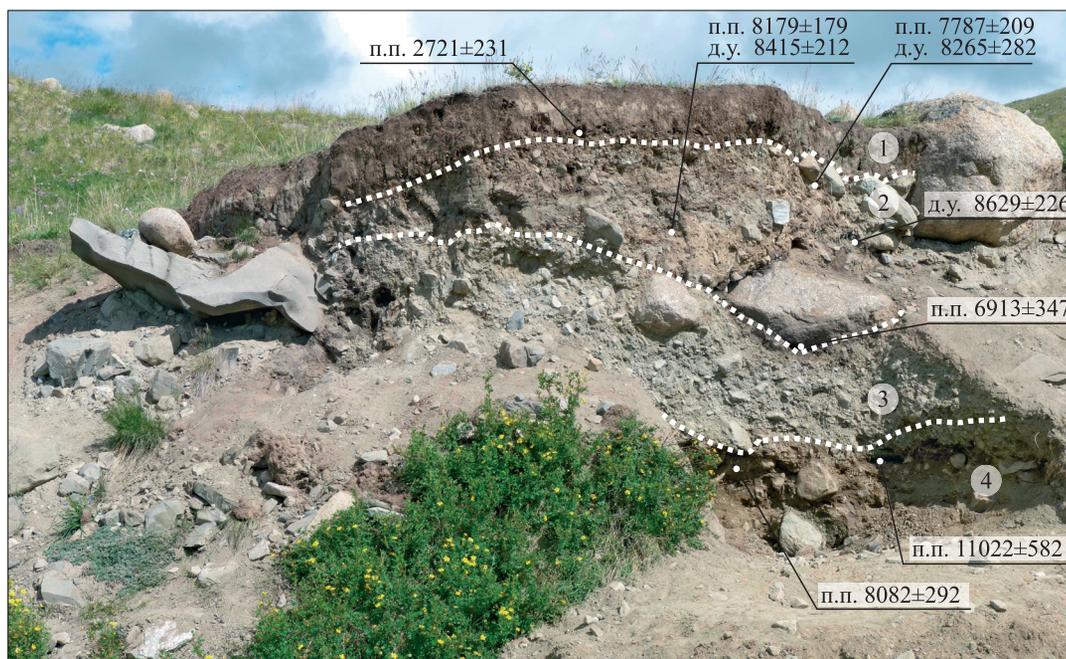


Рис. 3. Разрез, вскрытый в береговом обнажении на высоте 2472 м над ур. моря (см. рис. 2, разрез 2).

Пунктирной линией показаны границы пачек отложений: 1 — современная и погребенная почвы, 2 — делювиальные отложения с линзами палеопочвы и фрагментами древесных углей, 3 — селевые отложения с фрагментом деформированной палеопочвы, 4 — делювиально-солифлюкционные отложения с палеопочвенным горизонтом, сходные по строению с пачкой 2. Приведены калиброванные радиоуглеродные даты с доверительным интервалом  $2\sigma$  и указан тип образца (п.п. — погребенные почвы, д.у. — древесный уголь).

венно-торфяной слой (СОАН 8676), но активизация делювиальных процессов (возможно, локальная) приводит к его перекрытию в это время. Около 2900–2800 л. н. здесь же существует небольшое озеро, о чем свидетельствуют оторфованные озерные гиттии (СОАН 9370, СОАН 9371), перекрытые крупновалунными селевыми отложениями. Наличие песка и гравия в верхней по течению части разреза указывает на периодическую проточность озера. В дальнейшем долина была значительно углублена, наиболее вероятно, в результате именно селевых процессов, озеро спущено, а русло сместилось к левому склону. На сохранившемся фрагменте правобережной террасы на склоновых и оползневых отложениях около 1000 л. н. формируется торф (СОАН 8675), а затем, по мере его усыхания, и современная почва.

Активизация делювиальных и солифлюкционных процессов и переотложение палеопочв в виде линз с большим содержанием древесного угля в период между 7000 и 2700 л. н. происходили и на высоте 2472 м над ур. моря (см. рис. 3, пачка 2). В результате почва возрастом около 8000 л. н. (СОАН 9366-1, ИГАН 4091) с включениями угля возрастом 8200–8600 л. н. (СОАН 8674, СОАН 9366-2, ИГАН 4089) перекрыла деформированную селем почву возрастом 7000 л. н. (СОАН 9367). Такая инверсия характерна для селевых отложений и связана с подрезкой селем склона долины и последующей активизацией склоновых процессов. К 2700 л. н. на делювиально-солифлюкционных отложениях здесь уже сформировался очередной почвенный горизонт (СОАН 9365).

Около 650 л. н. (СОАН 9373) почвенный горизонт, сформировавшийся на днище долины Богуты перед основным селевым конусом (2396 м над ур. моря), был перекрыт толщей переслаивающихся суглинков, песка мелкозернистого, дресвы и песка крупнозернистого (см. рис. 2, разрез 5). Этот факт указывает на мощный вынос обломочного материала по долине исследуемого притока около 650 л. н.

Прохождение последних крупных селей около 300 л. н. фиксируется датой СОАН 9447 почвенного горизонта в устьевой части долины на высоте 2460 м над ур. моря. Почва перекрывает переработанные водотоком селевые отложения (см. рис. 2, разрез 3) и, в свою очередь, сама погребена крупноглыбовыми отложениями свежего облика. Отметим, что современный почвенный покров перекрыт на большой площади, что видно и в бортах многочисленных молодых эрозионных врезов ниже по склону (см. рис. 2, разрез 4). Эта дата совпадает с радиоуглеродным возрастом маломощной погребенной почвы в отложениях пролювиального конуса в верховьях долины р. Богуты —  $293 \pm 209$  кал. л. н. (ИГАН 4087) (см. рис. 1, цифра 2). Возраст данной почвы, с одной стороны, свидетельствует о кратком периоде стабилизации поверхности конуса, а с другой — датирует резкое усиление выноса материала, приведшего к ее перекрытию. Таким образом, интенсификация склоновых процессов в долине р. Богуты в это время имела площадной характер. В интервал 100–500 л. н., определяемый радиоуглеродным датированием, попадает и дата Монгольского землетрясения 1761 г., эпицентр которого располагался на сопредельной территории Северо-Западной Монголии. Можно предположить, что в селевой процесс были вовлечены смещенные в результате этого сейсмического события рыхлые отложения, либо интенсивные сотрясения земной поверхности послужили непосредственной причиной селей в долине р. Богуты. Последнее селевое событие в исследуемом районе, приведшее к углублению селевого лотка и формированию новых отложений, произошло в июне 2017 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о том, что к 14 000 л. н. сартанские ледники в восточном обрамлении Чуйской впадины если и существовали, то располагались выше 2500 м над ур. моря. Продолжительные периоды стабилизации склоновых процессов и формирования почв в первой половине голоцена фиксируются около 11 000–8000, 7000–2700 л. н. Селевые события происходили в исследуемом районе в период 8000–7000 л. н., 2900–1000, а также около 650 и 300 л. н. Последний сель в долине правого безымянного притока сошел в 2017 г. Кроме того, около 300 л. н. отмечена интенсификация и других склоновых процессов в разных частях бассейна р. Богуты. С учетом точности радиоуглеродного метода можно предполагать, что причиной такой площадной интенсификации послужило либо само Великое Монгольское землетрясение 1761 г., либо вызванное им поступление рыхлого материала в речные долины.

В целом периодическая активизация склоновых процессов в голоцене в бассейне р. Богуты могла происходить за счет деградации мерзлоты, увеличения осадков, таяния снега и землетрясений. Большее количество селей, зафиксированное во второй половине голоцена, может быть связано как с лучшей сохранностью следов более молодых событий, так и с возможной активизацией селевых процессов в неогляциале. Современные сели в значительной мере обусловлены деградацией мерзлоты, вызванной потеплением климата.

Полученные данные позволили охарактеризовать основные этапы ландшафтно-климатических изменений позднего плейстоцена и голоцена в слабоизученном восточном, наиболее аридном, районе Юго-Восточного Алтая.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (0330–2016–0015) при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (18–05–00998) и INQUNA TERPRO (проект EX-AQUA (1623P) «Экстремальные гидрологические события прошлого – свидетельства и архивы» («Paleohydrological Extreme Events – Evidences and Archives»)).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Перов В.Ф.** Селеведение. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. — 271 с.
2. **Атлас** природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. Российская Федерация. Сибирский федеральный округ / Под ред. С.К. Шойгу. — М.: Дизайн. Информация. Картография, 2009. — 384 с.
3. **Hazard Assessment and Outburst Flood Estimation of Naturally Dammed Lakes in Central Asia** / Eds. P.S. Borodavko, G.E. Glazirin, J. Herget, I.V. Severskiy. — Aachen: Shaker Verlag, 2013. — 130 p.
4. **Быков Н.И.** Маашейское озеро: рождение, жизнь и смерть // География и природопользование Сибири. — 2013. — № 16. — С. 22–30.
5. **Виноградов В.А.** Селевые очаги среднегорья западной части Горного Алтая // Труды Зап.-Сиб. регион. науч.-исслед. гидрометеорол. ин-та. — 1978. — № 38. — С. 41–46.
6. **Виноградов В.А.** Сели Чуйских белков (Горный Алтай) // Труды Зап.-Сиб. регион. науч.-исслед. гидрометеорол. ин-та. — 1981. — № 51. — С. 87–92.
7. **Колесников Е.И., Попов В.И.** Некоторые сведения о водо-снежных потоках в низкогорьях Западного Алтая // Сб. работ Алма-Атинской гидрометеорол. обсерватории. — 1981. — № 9. — С. 43–49.
8. **Бородавко П.С.** Геоинформационное обеспечение мониторинга быстроразвивающихся геоморфологических процессов высокогорий Алтая // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2014. — Т. 4, № 2. — С. 250–255.
9. **Ганюшкин Д.А., Чистяков К.В., Кунаева Е.П., Волков И.В., Банцев Д.В.** Современное оледенение хребта Чихачева (Юго-Восточный Алтай) и его динамика после максимума малого ледникового периода // Лед и снег. — 2016. — Т. 56, № 1. — С. 29–42.
10. **Stuiver M., Reimer P.J.** Extended C-14 data-base and revised calib 3.0 C-14 age calibration program // Radiocarbon. — 1993. — Vol. 35. — P. 215–230.
11. **Reimer P., Baillie M., Bard E., Bayliss A., Beck J., Blackwell P., Bronk Ramsey C., Buck C., Burr G., Edwards R., Friedrich M., Grootes P., Guilderson T., Hajdas I., Heaton T., Hogg A., Hughen K., Kaiser K., Kromer B., McCormac F., Manning S., Reimer R., Richards D., Southon J., Talamo S., Turney C., Plicht J., Weyhenmeyer C.** IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP // Radiocarbon. — 2009. — Vol. 51 (4). — P. 1111–1150.
12. **Бутвиловский В.В.** Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1993. — 253 с.
13. **Рудой А.Н.** Гигантская рябь течения (история исследований, диагностика и палеогеографическое значение). — Томск: Изд-во Том. пед. ун-та. — 2005. — 224 с.
14. **Herget J.** Reconstruction of Pleistocene ice-dammed lake outburst floods in the Altai Mountains, Siberia // Geological Society of America Special Papers. — 2005. — Vol. 386. — P. 1–2.
15. **Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Мараханов А.В.** Сильнейшие землетрясения на юге Горного Алтая в голоцене // Физика Земли. — 2008. — № 6. — С. 31–51.
16. **Agatova A.R., Nepov R.K.** Dating strong prehistoric earthquakes and estimating their recurrence interval applying radiocarbon analysis and dendroseismological approach — case study from SE Altai (Russia) // International Journ. of Geohazards and Environment. — 2016. — Vol. 2 (3) — P. 131–149.
17. **Бородавко П.С.** Геоинформационный анализ постгляциального лимногенеза юго-восточного Алтая // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2015. — Т. 4, № 2. — С. 250–255.
18. **Панин А.В.** Методы палеогеографических исследований: Четвертичная геохронология: Учеб. пособие. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2014. — 116 с.
19. **Русанов Г.Г., Орлова Л.А.** Радиоуглеродные датировки (СОАН) Горного Алтая и Предальтайской равнины. — Бийск: Изд-во Алтай. гум.-пед. ун-та, 2013. — 291 с.
20. **Agatova A.R., Khazina I.V., Bronnikova M.A., Uspenskaya O.N., Nepov R.K.** Reconstruction of postglacial landscape evolution within the eastern periphery of Chuya depression on the basic of multidisciplinary analysis of peats in Boguty river basin, SE Altai, Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2018. — V. 138 (1). — P. 012001.

*Поступила в редакцию 12 июня 2017 г.*