

УДК 551.435.174(471.54)

**ИЗУЧЕНИЕ СЕЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ В ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ
РАДИОУГЛЕРОДНОГО ДАТИРОВАНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ)**

© 2020 г. С. А. Макаров^{1,*}, А. А. Черкашина¹

¹*Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия*

*E-mail: makarov@irigs.irk.ru

Поступила в редакцию 24.05.2016 г.

После доработки 27.03.2017 г.

Принята к публикации 18.12.2018 г.

Для Байкальской рифтовой зоны впервые получены радиоуглеродные датировки погребенных слаборазвитых почв, сформировавшихся на отложениях голоценовых селевых конусов на правобережье р. Иркут у подножья хр. Мунку-Сардык. Выделено три этапа селевой активности в голоцене: высокая (10 тыс. кал. л. н.), средняя (3 тыс. кал. л. н. — современность) и низкая (интервал между 10 и 3 тыс. кал. л. н.). Селевая активность исследуемого периода определялась климатическими особенностями Северного полушария: она возрастала с ростом количества осадков, которое в начале голоцена превосходило их современный уровень. Единовременная аккумуляция селевых наносов достигала мощности 5 м.

Ключевые слова: селевая активность, палеосели, голоцен, радиоуглеродное датирование, погребенные почвы

DOI: 10.31857/S0435428120010095

ВВЕДЕНИЕ

Для горных районов Байкальской рифтовой зоны характерна повышенная селевая активность. Помимо современных событий, в разрезах рыхлых отложений нередко сохраняются следы палеоселей, периоды активизации которых, в большинстве случаев, не установлены или трактуются в достаточно широких временных рамках. Нет также однозначной интерпретации событий, что в совокупности с вышесказанным, является следствием отсутствия работ, направленных на изучение особенностей проявления селей на данной территории. В связи с этим анализ селевой активности является одной из актуальных задач исследований опасных экзогенных процессов в Восточных Саянах.

Целью данной работы является выявление особенностей голоценовых селепроявлений региона Байкальской рифтовой зоны. Для этого были поставлены следующие задачи: 1) изучить состав и физико-химические свойства почв и селевых отложений, датировать гумусовые горизонты погребенных почв радиоуглеродным методом; 2) на основе полученных данных установить хронологию периодов активизации селевых процессов; 3) разработать методические подходы изучения селевых отложений, разделенных датированными погребенными почвами, формирующимися в условиях перерыва в выбросах селевых масс; 4) реконструировать особенности развития природной среды при периодической активизации селевой деятельности.

МЕТОДЫ ДАТИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ СОБЫТИЙ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Возраст селевого события можно установить на основе: 1) дендрохронологических данных; 2) анализа исторических сведений (из летописей и геологических отчетов) [1]; 3) радиоуглеродного датирования погребенных почв.

В 1974 г. была опубликована работа В.К. Кучая и В.А. Дьяконова [2], где при обследовании конусов выноса палеоселей в Шульской впадине (Центральный Таджикистан) исследователи заметили, что селевые отложения часто перекрываются погребенными почвами, образуя почвенно-седиментационные толщи. Авторами было предложено разделять селевые отложения по возрасту согласно принятым для данной территории стратиграфическим расчленениям четвертичных отложений. В современных исследованиях все чаще применяется метод радиоуглеродного датирования погребенных гумусовых горизонтов почв, позволяющий определять возраст отложений. Отдельные датировки палеоселей были выполнены для различных горных территорий России [3], при этом обобщения по полученным материалам не проводилось. В мировой практике подобные работы являются единичными, что, по всей видимости, связано с отсутствием хороших разрезов (в т.ч. карьеров) в пределах селевых конусов. Представляет интерес работа, выполненная на территории южной Норвегии, где в пределах конуса выноса были осуществлены горные выработки, при этом выполнялось радиоуглеродное датирование погребенных торфяных горизонтов [4].

Территория исследования расположена на ЮЗ фланге Байкальской рифтовой зоны [5]. Она целиком входит в Саяно-Байкальское становое нагорье в составе провинции гор Южной Сибири [6]. Объектами исследования являются почвенно-седиментационные толщи селевых конусов выноса восточной части хр. Мунку-Сардык, приуроченных к правобережью долины р. Иркут (рис. 1). Левобережье долины представлено западной оконечностью хр. Тункинские Гольцы. На данном участке протяженностью около 30 км Иркут представляет собой типичную горную реку с бурным течением и сплошными порогами. Исследование разрезов рыхлых отложений здесь стало возможным в связи с прокладкой более десяти лет назад на правобережье реки автомобильной дороги. Для создания насыпей и отсыпки дорожного покрытия использовался валунно-галечный материал селевых конусов выноса, вскрытый карьерами, в пределах которых нами было исследовано три разреза (см. рис. 1). В указанных разрезах в ходе полевых работ проводилось послойное описание отложений и погребенных почв, а также отбор грунтов для лабораторных определений гранулометрического состава (ситовым методом и методом пипетки) [7], содержания органического углерода и потери при прокаливании [8]. Кроме того, гумусовые горизонты почв опробовались на радиоуглеродный анализ и исследование малакофауны.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования позволили в зависимости от геолого-геоморфологических условий выделить три разновидности склоновых селей.

1. Сели, формирующиеся на склонах средней крутизны в ложбинах удлиненной эллипсовидной формы. Источником обломочного материала для них является кора выветривания. По данному типу сформировались конусы выноса, вскрытые первым и вторым разрезами, площадь их водосборов несколько десятков тысяч м².

Второй и третий типы селей развиты в районе сбросо-оползне-обвала (по классификации В.П. Солоненко [9]), располагающегося по правому борту долины р. Иркут (рис. 2а).

2. Селевое русло в виде сужающейся воронки берет начало на крутом скальном обнажении, являющемся стенкой отрыва оползня-обвала, и прорезает в средней части склона на своем пути опущенный блок (см. рис. 2а – в верхней правой части снимка).



Рис. 1. Местоположение исследованных селевых конусов выноса: 1 – $51^{\circ}54'17.7''$, $100^{\circ}45'23.7''$ (WGS-84); 2 – $51^{\circ}50'24.3''$, $100^{\circ}45'39.7''$; 3 – $51^{\circ}42'35.5''$, $100^{\circ}48'17.7''$.

Активный обвальнo-осыпной процесс по бортам селевого русла является основным источником формирования твердой фазы селя.

3. Сель формируется по оси разлома (см рис. 2а – на снимке первое слева селевое русло).

Рассмотрим строение исследованных разрезов.

Первый разрез заложен в левой части селевого конуса выноса № 1 (см. рис. 1). Мощность экспонированной толщи равняется 3.6 м. В ней сверху вниз вскрываются 10 слоев. *Слой (сл.) 1* (здесь и далее в скобках указана мощность горизонта – 0.18 м) – грубогумусовый (включает большое количество грубой слаборазложившейся органики) горизонт современной почвы – супесчаный коричневатого-серого цвета с непрочной мелкокомковатой структурой, с включениями гальки и гравия. *Сл. 2* (0.23 м) – гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем (содержание до 50%). Песок белесовато-серый, сухой. В нижней части слоя крупнозернистый песок меняется на среднезернистый. *Сл. 3* (0.03 м) – погребенный грубогумусовый горизонт буровато-темно-серый. *Сл. 4* (2.0 м) – гравийно-галечно-валунные отложения с песчаным заполнителем. Песок палево-серый с признаками горизонтальной слоистости, мощность прослоев до 10 см. *Сл. 5* (0.04 м) – перегнойно-гумусовый горизонт буровато-темно-серый. Радиоуглеродный/календарный возраст ($6620 \pm 100/7510 \pm 70$ (ЛУ-7804)). *Сл. 6* (0.12 м) – галечно-мелковалунный прослой с гравийно-песчаным заполнителем. Валун слабо окатаны и внедряются в выше- и нижележащие почвенные горизонты. *Сл. 7* (0.08 м) – перегнойно-гумусовый горизонт буровато-темно-серый. Радиоуглеродный/календарный возраст ($7590 \pm 90/8400 \pm 90$ (ЛУ-7813)). *Сл. 8* (0.50 м) – гравийно-галечные отложения с супесчаным заполнителем (содержание до 50%). Заполнитель желтовато-серой до буровато-серой неоднородной окраски, имеются примазки

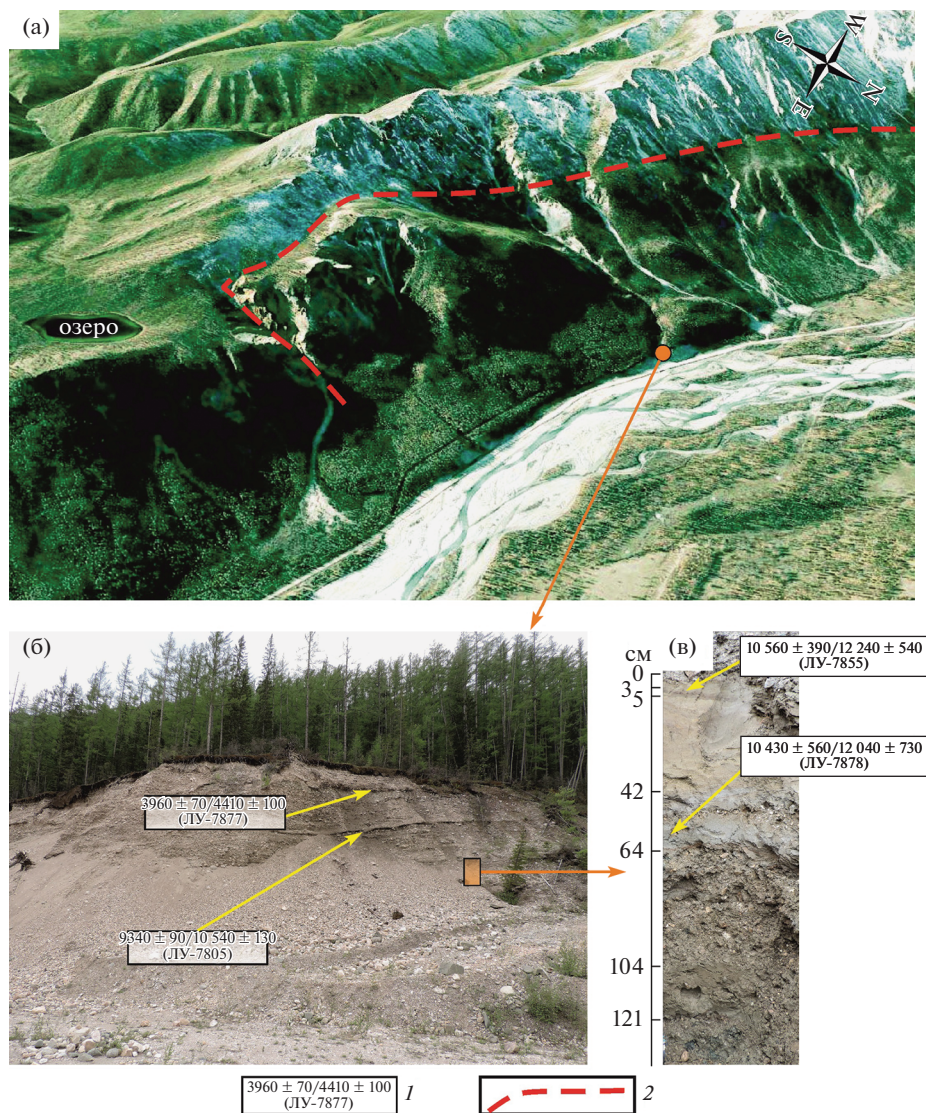


Рис. 2. Формирование конусов выноса склоновых селей на правобережье в верховьях долины р. Иркут.

(а) — общий вид, (б) — разрез селевого конуса выноса № 3. (в) — разрез переотложенной глины тектонической. В интервале 0–3 см — супесь сизовато-серая, неоднородная по окраске, с охристыми примазками и стяжениями, неясно выраженная слоистость; 3–5 см — супесь тяжелая пылеватая сизовато-бурая, с железистыми стяжениями, тонкослоистая, границы ясные (слаборазвитая почва); 5–42 см — супесь легкая сизовато-серая, неоднородная по окраске, с песчаными линзами, фрагментарно тонкослоистая охристая, в охристых прослоях и линзах средне- и крупнозернистый песок; 42–64 см супесь легкая сизая, неоднородная по окраске, присутствуют охристые прослои. В интервале 53–56 см — линза гравелистого песка желтовато-охристого разнозернистого с включениями гальки размером до 3,5 см, разной окатанности, в нижней части слоя псевдофибры железистые; 64–104 см — гравийно-галечные отложения, заполнитель — супесь тяжелая, окатанность обломков разная. Поверхности некоторых галек покрывают железистые пленки; 104–121 см — супесь легкая желтовато-коричневая, плотная, вязкая, липкая, с железистыми конкрециями; ниже 121 см — гравийно-галечные отложения, заполнитель — супесь легкая, окатанность обломков разная, на поверхности некоторых галек отмечаются железистые пленки. 1 — радиоуглеродный/календарный (cal BP) возраст образца и его номер, 2 — разлом.

гумуса, ожелезнение проявляется по контакту с галечником. *Сл. 9* (0.08 м) — перегнойный горизонт буровато-темно-серый, неоднородный по окраске из-за линз гравелистого песка желтовато-серого цвета. Горизонт имеет косую слоистую структуру, перекрыт прослоем отмытого слабо окатанного гравелистого песка, который в нижней части покрыт железистыми пленками. Радиоуглеродный/календарный возраст $7730 \pm \pm 900/8530 \pm 80$ (ЛЮ-7814). *Сл. 10* (0.28 м) — гравелистый песок желтовато-серый от мелкозернистого до крупнозернистого, встречаются небольшие линзы супеси. Зерна песка слабо окатаны, местами проявляется ожелезнение. Содержание органического вещества в гумусовых горизонтах погребенных почв, вскрытых разрезом конуса выноса № 1, колеблется в широких пределах — от 1.6 до 10.5%.

Второй разрез заложен в центральной части селевого конуса выноса № 2 (см. рис. 1). Мощность экспонированной толщи — 7 м, в ней сверху вниз вскрываются 14 слоев. *Сл. 1* (0.2 м) — грубогумусовый горизонт современной почвы — супесчаный коричневатого-серый. *Сл. 2* (1.4 м) — валунно-галечные отложения слабой степени окатанности. Заполнитель составляет до 40%, это гравий слабо окатанный с песком разнозернистым. *Сл. 3* (до 0.12 м) — грубогумусовый горизонт темно-серый, рыхлый, легкий, содержит большое количество слабо разложившихся органических остатков. Радиоуглеродный/календарный возраст $1220 \pm 70/1150 \pm 80$ (ЛЮ-7816). *Сл. 4* (1.32 м) — преимущественно крупноглыбовые отложения, заполнитель — галька, гравий слабоокатанный, песок (содержание до 40%). *Сл. 5* (до 0.1 м) — гумусированный горизонт коричневатого-серый с включениями дресвы и щебня. Радиоуглеродный/календарный возраст $3560 \pm 100/3860 \pm 130$ (ЛЮ-7788). *Сл. 6* (1.53 м) — глыбово-щебнистые отложения, заполнитель — гравий слегка окатанный и песок (до 40%). *Сл. 7* (до 0.09 м) — грубогумусовый горизонт буровато-темно-серый, содержит большое количество слабо разложившихся органических остатков, включения дресвы. Радиоуглеродный/календарный возраст $3390 \pm 50/3640 \pm 60$ (ЛЮ-7707). *Сл. 8* (0.9 м) — преимущественно валунно-галечный материал с песчаным заполнителем, окатан слабо. *Сл. 9* (до 0.05 м) — перегнойно-грубогумусовый горизонт буровато-темно-серый, неоднородный по окраске, содержит слабо разложившиеся органические остатки. Радиоуглеродный/календарный возраст $3990 \pm 60/4460 \pm 80$ (ЛЮ-7789). *Сл. 10* (до 0.04 м) — дресвянистый песок пылеватый. *Сл. 11* (0.1–0.13 м) — перегнойно-грубогумусовый горизонт буровато-темно-серый, неоднородный по окраске, с бурыми прослойками слабо разложившихся органических остатков. Радиоуглеродный/календарный возраст $4880 \pm 70/5620 \pm \pm 90$ (ЛЮ-7817). *Сл. 12* (0.7–0.8 м) — дресвяно-щебнистые отложения несORTированные, плотной упаковки. Заполнитель — песок серый разнозернистый пылеватый с редкими включениями гальки, содержание заполнителя 30–40%. *Сл. 13* (0.02–0.03 м) — перегнойно-грубогумусовый горизонт с включениями слабо разложившихся древесных остатков в виде прослоев, неоднородный по окраске, сложению и степени разложения. Радиоуглеродный/календарный возраст $5440 \pm 70/6210 \pm 80$ (ЛЮ-7815). *Сл. 14* — дресвяно-щебнистые отложения несORTированные, плотной упаковки. Заполнитель — песок серый (содержание 30–40%), разнозернистый, пылеватый, с редкими включениями окатанной гальки. Содержание органического вещества в гумусовых горизонтах погребенных почв, вскрытых этим разрезом, колеблется в широких пределах — от 2.5 до 27.1%.

Последний из обследованных разрезов расположен в правой (относительно оси водотока) части селевого конуса выноса № 3, здесь вскрыта 20-метровая толща рыхлых отложений (см. рис. 1, 2). Так как русло склонового селя сформировалось в зоне разлома с высокой трещиноватостью, по бортам бассейна активно идут экзогенные процессы — преимущественно обвалы, осыпи и сходы. Мощность осадков голоценового возраста составляет здесь 11 м, в разрезе отмечено 4 цикла селевой активизации. Первый из них относится к началу голоцена, последний — к концу (см. рис. 26). Селевые отложения представлены валунно-галечным материалом с гравийно-песчаным запол-

нителем, цементирующимся при высыхании. Текстура отложений слоистая. На глубине 11 м отмечено понижение, заполненное, по нашему мнению, глиной тектонической (см. рис. 2в), аккумулятившейся здесь в результате смыва ее вниз по склону из зоны разлома. Данные радиоуглеродных датировок свидетельствуют о том, что заполнение эрозионного вреза произошло достаточно быстро. В интервале 42–64 см разреза отложений обнаружены моллюски: *Vallonia costata* (Müll.) и *Vertigo antivertigo* (Drap.) (определение малакофауны выполнено гл. спец. лаборатории кайнозоя Института земной коры СО РАН И.В. Шибановой). Оба вида относятся к наземным почвенным моллюскам. По данным Ю.В. Сачковой [10], первый из них является подстилочным супердоминантным, а второй – выраженный (в своих семействах) ксерофил. Это указывает на то, что моллюски обитали в подстилочно-торфяных грубогумусовых или перегнойно-грубогумусовых горизонтах почв, неоднократно формировавшихся на пролювиальных отложениях в периоды селевого затишья (см. рис. 2б). При этом, по мнению И.В. Шибановой, нельзя исключать, что отложения, в которых были обнаружены моллюски, накапливались в условиях временных мелководных озер. Кроме того, существует вероятность приноса раковин моллюсков в данное понижение вместе с глиной тектонической со склонов во время дождей [11]. Поскольку данные виды моллюсков являются широко распространенными в осадках голоцена и характерны для современной малакофауны, можно утверждать, что формирование отложений того времени происходило при температурах близких к современным. Содержание органического вещества в глине тектонической конуса выноса № 3 колеблется в пределах от 0.3 до 0.9%.

Из представленных описаний видно, что селевые конусы выноса сложены преимущественно влекомыми наносами, гранулометрический состав которых варьирует от валунно-галечного до гравийно-галечного с песчаным заполнителем. Источниками их формирования в районе исследования являются различные комплексы скальных пород, слагающих водораздельные поверхности. Процессы выветривания приводят к обрушению и осыпанию вниз по склонам неоднородного обломочного материала, впоследствии формирующего твердую фазу селя. Согласно данным геологической съемки [12], первый конус выноса (см. рис. 1) сформирован обломками пород верхне-протерозойской окинской свиты (сланцы, песчаники, известняки), второй – поздне-протерозойских интрузий мунку-сардыкского комплекса (розовые микроклиновые биотитовые граниты), третий – обломками пород архея и протерозоя (гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты). Также встречаются мраморы и доломиты.

Доля взвешенных наносов в пределах исследуемых конусов выноса минимальна, поскольку последние выходят непосредственно к руслу р. Иркут и выброшенный селями материал перемывается рекой и частично уносится вниз по течению. Стоит отметить, что практически все постоянные и временные водотоки в пределах исследуемой территории являются селеносными, при этом масштаб проявления селей зависит от протяженности водотока. Наиболее мощные сели, выбрасывающие материал наплавную в русло р. Иркут, проходят по долинам рек.

Изучение описанных разрезов показало, что селевая активность чередовалась с периодами затишья. Пролувиальные отложения разделены слабо развитыми погребенными почвами, представляющими собой грубогумусовые и перегнойно-грубогумусовые горизонты мощностью от 2 до 20 см, содержащие значительное количество слабо разложившихся растительных остатков и древесных углей. На основании радиоуглеродного датирования и изучения физико-химических свойств отложений и почв в разрезах фиксируется до 7 циклов селевой активизации в голоцене. Присутствие в гумусированном слое 5 разреза конуса выноса № 2 значительного количества неокатанных обломков горных пород (дресвы и щебня) позволило предположить, что его образование связано с процессами смыва со склонов. Возрастная инверсия радиоуглеродных дат

Таблица 1. Сопоставление мощности селевых отложений с их активностью

Градации мощности селевых отложений (м)	Селевая активность
Незначительная (до 1)	низкая
Средняя (1–3)	средняя
Большая (более 3)	высокая

подтвердила данную точку зрения: на более молодых селевых отложениях аккумуляровался гумусированный материал более древней почвы.

Для оценки селевой активности в голоцене условно принималось, что простые селевые бассейны по своему морфологическому строению близки между собой. Отметки конусов выноса в местах исследований возвышаются над урезом р. Иркут от 12 до 26 м и располагаются на удалении около 100 м от уреза. Для характеристики степени селевой опасности принято использовать объем выноса твердой составляющей селя, что характеризует его мощность [13]. В нашем случае рассчитать объемы вынесенного материала невозможно, так как они неоднократно перекрывались пролювиальными отложениями. Поэтому из количественных характеристик селей мы взяли лишь два показателя, а именно — мощность отложений и их возраст, полученный радиоуглеродным методом по горизонтам погребенных почв. Это позволило определить повторяемость (частоту схода) селей. Влекомые наносы, сформировавшие конусы выноса, были условно разделены по мощности на три градации, соответствующие определенной активности селей (таблица 1). Согласно проведенным таким образом расчетам, на исследуемой территории выделяются следующие этапы селевой активности: высокая (начало голоцена — 10 тыс. кал. л. н.), средняя (3 тыс. кал. л. н. — современность) и низкая (интервал между 10 и 3 тыс. кал. л. н.) (рис. 3).

По данным радиоуглеродного датирования установлено, что в Северном полушарии в раннем голоцене (в интервале 13–10 тыс. л. н.) наблюдалось резкое увеличение увлажнения, в результате чего формировались мощные паводки. 8 тыс. л. н. интенсивность водных потоков сошла на нет, затем небольшой всплеск отмечен в интервале 5–4 тыс. л. н. [14]. Смена активности паводков в общем напоминает рис. 3, построенный на основе установленных нами селевых событий голоцена.

Аналогичные тенденции в смене циклов осадконакопления и почвообразования, обусловленные изменением уровня увлажнения, отмечены также в Селенгинском среднегорье (Западное Забайкалье) [15, 16]. Подобные тенденции установлены и для Центрального Таджикистана, где селевая активность проявлялась на протяжении всего голоцена, при этом в раннем голоцене фиксировалось ее возрастание, затем — уменьшение, и в конце позднего голоцена — снова увеличение [2].

Последний (позднеголоценовый) этап активизации селевых процессов зафиксирован также в разрезе рыхлых отложений надпойменной террасы безымянного ручья, спускающегося с хребта Тункинские Гольцы в средней части предгорной наклонной равнины Тункинской котловины (51°52'40.05", 102°21'17.37"). Разрез расположен в зоне аккумуляции селевых отложений и вскрывает толщу, сложенную разновозрастными наносами, разделенными гумусированными прослоями и слабо развитыми почвами. Верхняя часть разреза, мощностью до 30 см, представлена пахотным горизонтом. Нижняя его часть имеет возраст около 600 лет ($550 \pm 80/580 \pm 50$ л (ЛУ-7857)). Под пахотным горизонтом залегает слой супеси со следами ожелезнения. На глубине 37–52 см окраска и состав слоя становятся неоднородными: видны размытые гумусированные прослойки легкосуглинистого материала — следы эрозии в зоне аккумуляции взвешенных наносов. На глубине 52–55 см появляется темно-серый легкосуглинистый гумусированный прослой, возраст которого составляет 4000 лет ($3760 \pm 70/4130 \pm 110$ л (ЛУ-7856)). Ниже него залегают легкие суглинки со следами ожелез-

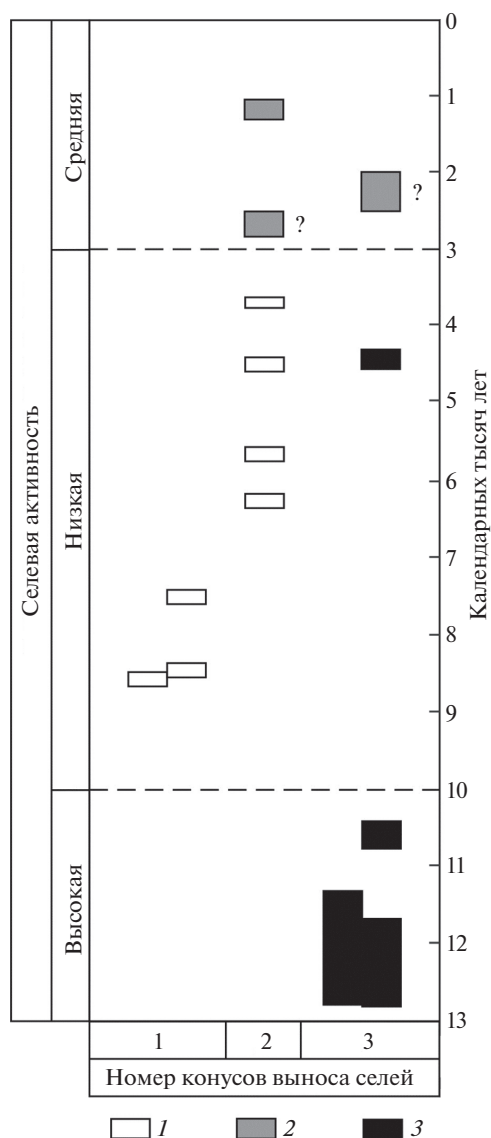


Рис. 3. Схема корреляции радиоуглеродных (калиброванных) возрастов селевых событий.

Градации мощности селевых отложений: 1 – незначительная, 2 – средняя, 3 – большая. Вопросительный знак – предполагаемый возраст.

нения, резко сменяющиеся на глубине 62 см галечниково-гравийной прослойкой с крупнопесчаным заполнителем, под которой до глубины 83 см залегают супесчаные отложения с линзами мелкозернистого песка. В нижней части разреза вскрыт буровато-темно-серый перегнойно-грубогумусовый горизонт, возраст которого также 4000 лет ($3670 \pm 110/4020 \pm 150$ л (ЛУ-7787)).

В пределах данной почвенно-седиментационной толщи отмечается резкая многократная смена гранулометрического состава отложений, а датирование гумусированных прослоев указывает на то, что они были сформированы при размыве и переотло-

жении более древних почв, на что указывает инверсия дат. Так, учитывая ошибку определения, возраст органического вещества прослойки, находящейся на глубине 52–55 см, совпадает с возрастом перегнойно-грубогумусового горизонта, залегающего на глубине 83–90 см.

Анализ взвешенных наносов во время прохождения водокаменного селя по р. Кынгарга 14 июля 2015 г. в районе пос. Аршан показал, что их гранулометрический состав варьирует от суглинка легкого пылеватого до супеси тяжелой пылевой. На пике прохождения этого селя за час ориентировочно переносилось около 2300 т взвешенного вещества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование количественных параметров, основными из которых являются мощность селевых отложений и радиоуглеродный возраст погребенных почв, позволяет реконструировать палеоселевую обстановку за голоценовый период. На исследуемой территории в течение голоцена селевая активность сменялась селевым затишьем и образованием на пролювиальных толщах слабозрелых почв, представленных только гумусовыми горизонтами. Выделено три этапа селевой активности: высокая — в начале периода, низкая — в середине и средняя — в конце. Мощность селевых конусов выноса составила до 11 м (конус № 3). Предположительно, активизация селевой деятельности была связана с увеличением количества осадков, обусловленных изменением атмосферной циркуляции, что было характерно в голоцене для большей части территории Северного полушария. Климатическая обстановка в начале голоцена была близка современной, но количество осадков в тот период было выше, чем сейчас.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ (17–29–05064 офи_м).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров С.А. Сели Прибайкалья. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.В. Сочавы СО РАН, 2012. 111 с.
2. Кучай В.К., Дьяконов В.А. Палеосели и селевой прогноз // Советская геология. 1974. № 1. С. 113–120.
3. Бадинова В.П., Зубанов В.А., Ициксон Е.М., Руднев Ю.П. Радиоуглеродные датировки лаборатории ВСЕГЕИ (ЛГ). Список III. // Бюл. комис. по изуч. четвертич. периода. М.: Наука, 1976. № 45. С. 154–167.
4. Matthews J.A., Dahl S.-O., Berrisford M.S., Nesje A., Dresser P.Q., and Dumayne-Peaty L. A preliminary history of Holocene colluvial (debris-flow) activity, Leirdalen, Jotunheimen, Norway // Journal of Quaternary Science. 1997. Vol. 12. P. 117–129.
5. Флоренсов Н.А. Байкальская рифтовая зона и некоторые задачи ее изучения // Байкальский рифт. М.: Наука, 1968. С. 40–56.
6. Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М.: Наука, 1974. 359 с.
7. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Московского ун-та, 1970. 487 с.
9. Солоненко В.П. Сейсмогеология и сейсмическое районирование трассы БАМ и зоны ее экономического влияния. Новосибирск: Наука, 1979. 70 с.
10. Сачкова Ю.В. Фауна и экология наземных моллюсков (Gastropoda, pulmonata) лесостепного Поволжья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Самарский госуниверситет, 2006. 20 с.
11. Осипова Е.М. Характеристика позднеоплейстоцен-голоценовых моллюсков Южно-уральского региона // Геологический сб. № 8 Ин-та геологии УНЦ РАН. Информ. мат-лы. Уфа: Дизайн Полиграф Сервис, 2009. С. 49–53.

12. Арсентьев В.П. Карта полезных ископаемых. М-б 1:200 000. Сер. Восточно-Саянская. М-47-V. 1959. 1 л.
13. Перов В.Ф. Селеведение. Уч. пособие. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2012. 272 с.
14. Леви К.Г., Задонина И.В., Язев С.А. Радиоуглеродная хронология природных и социальных феноменов Северного полушария. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. Т. 1. 715 с.
15. Голубцов В.А., Рыжов Ю.В., Кобылкин Д.В. Почвообразование и осадконакопление в Селенгинском среднегорье в позднеледниковье и голоцене. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2017. 139 с.
16. Рыжов Ю.В., Голубцов В.А., Кобылкин Д.В., Снытко В.А. Новые данные об осадконакоплении и почвообразовании в Селенгинском среднегорье (Западное Забайкалье) в позднеледниковье и голоцене // ДАН. 2016. Т. 467. № 4. С. 468–472.

Debris Flow Activity in the southern baikal Region in the Holocene Based on Radiocarbon Dating

S. A. Makarov^{a, #} and A. A. Cherkashina^a

^a Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

[#]E-mail: makarov@irigs.irk.ru

For the first time for the Baikal rift zone, radiocarbon dates of humus horizons of buried Holocene soils in the profiles of debris flow fans were obtained on the right bank of the Irkut River along the Munch-Sardyk Ridge. Three stages of debris flow activity in Holocene have been identified: high (early Holocene – 10 thousand cal years ago), medium (3 thousand cal years ago – present) and low (between 10 and 3 thousand cal years ago). Apparently, the debris flow activity was determined by climatic conditions in the region and has been associated with the change of atmospheric precipitation. At the beginning of the Holocene precipitation exceeded their current level and one-time accumulation of debris flow deposits reached up to 5 m in thickness.

Keywords: debris flow activity, paleo debris flow, Holocene, radiocarbon dates, buried soils

ACKNOWLEDGMENTS

The study was undertaken with a half financial assistance of the RFBR (17–29– 05064).

REFERENCES

1. Makarov S.A. *Seli Pribaikal'ya* (Debris-flows of Pribaikalje). Irkutsk: IG SB RAS (Publ.), 2012. 111 p.
2. Kuchaj V.K. and D'yakonov V.A. Paleodebris-flows and debris-flow forecast. *Sov. Geol.* 1974. No. 1. P. 113–120. (in Russ.)
3. Badinova V.P., Zubanov V.A., Ickson E.M., and Rudnev Yu.P. Radiocarbon dates of VSEGEI (LG) laboratory. List 3, in *Bulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda* (Bulletin of the Commission for the Study of the Quaternary period). M.: Nauka (Publ.), 1976. No. 45. P. 154–167.
4. Matthews J.A., Dahl S.-O., Berrisford M.S., Nesje A., Dresser P.Q., and Dumayne-Peaty L. A preliminary history of Holocene colluvial (debris-flow) activity, Leirdalen, Jotunheimen, Norway. *Journal of Quaternary Science.* 1997. Vol. 12. P. 117–129.
5. Florensov N.A. Baikal Rift Zone and some problems of its study, in *Baikal'skii rift* (Baikal Rift). M.: Nauka (Publ.), 1968. P. 40–56.
6. *Nagor'ya Pribaikal'ya i Zabaikal'ya* (Highland of Pribaikalje and Trans-Baikalia). M.: Nauka (Publ.), 1974. 359 p.
7. Vadjunina A.F. and Korchagina Z.A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* (Methods of study of the physical properties of soil). M.: Agropromizdat (Publ.), 1986. 416 p.
8. Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po himicheskoy analizu pochv*. (Guide to Chemical analysis of soil). M.: Izd-vo Mos. Un-ta (Publ.), 1970. 487 p.

9. Solonenko V.P. *Seismogeologiya i seismicheskoe raionirovanie trassy BAM i zony ee ekonomicheskogo vliyaniya* (Seismology and seismic zoning track of BAM and its economic influence zone). Novosibirsk: Nauka (Publ.), 1979. 70 p.
10. Sachkova Yu.V. *Fauna i ekologiya nazemnykh mollyuskov (Gastropoda, pulmonata) lesostepnogo Povolzh'ya* (Fauna and ecology of terrestrial molluscs (Gastropoda, pulmonata) of the forest-steppe Volga region): PhD thesis. Samara: Izd-vo Samar. Un-ta (Publ.), 2006. 20 p.
11. Osipova E.M. Characteristics of Late Neopleistocene-Holocene mollusks in South Ural region, in *Geologicheskii sbornik № 8. Informatsionnye materialy* (Geological Digest № 8. Information materials). Ufa: Dizajn Poligraf Servis (Publ.), 2009. P. 49–53.
12. Arsent'ev V.P. *Karta poleznykh iskopaemykh m-ba 1:200 000. Seriya Vostochno-Sayanskaya* (Mineral resources map. Eastern Siberian series). M-47-V, 1959. 1 list.
13. Perov V.F. *Selevedenie. Uchebnoe posobie* (Debris-flow studies. Schoolbook). M.: Izd-vo Mosk. Un-ta (Publ.), 2012. 272 p.
14. Levi K.G., Zadonina I.V., and Yazev S.A. *Radiouglerodnaya khronologiya prirodnykh i sotsial'nykh fenomenov severnogo polushariya* (Radiocarbon chronology of natural and social phenomena of the northern hemisphere). Irkutsk: Izd-vo Irkut. gos. un-ta (Publ.), 2010. Vol. 1. 715 p.
15. Golubtsov V.A., Ryzhov Yu.V., and Kobylkin D.V. *Pochvoobrazovanie i osadkonakoplenie v Selenginskom srednegor'e v pozdnelednikov'e i golotsene* (Pedogenesis and sedimentation on Selenga midland during Late Glacial and Holocene). Irkutsk: IG SB RAS (Publ.), 2017. 139 p.
16. Ryzhov Yu.V., Golubtsov V.A., Kobylkin D.V., and Snytko V.A. New data on sedimentation and pedogenesis in Selenga Midland (Western Transbaikalia) during Late Glacial and Holocene. *Dokl. Akad. Nauk*. 2016. Vol. 467. No. 4. P. 468–472. (in Russ.)