

## КАТАФЛЮВИАЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ В ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ИСТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

УДК 551.89→551.435.1(235.222)

### О ВРЕМЕНИ СУПЕРПАВОДКОВОГО СОБЫТИЯ В ДОЛИНЕ р. БИИ (АЛТАЙ) ПО МАТЕРИАЛАМ ИЗУЧЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ЕЕ ВЫСОКОЙ ТЕРРАСЫ У СЕЛА КАРАБИНКА<sup>#</sup>

© 2024 г. Г. Г. Русанов<sup>1,\*</sup>, Е. В. Деев<sup>2,3,\*\*</sup>, А. В. Шпанский<sup>4,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> ОСП “Горно-Алтайская экспедиция” АО “Сибирское ПГО”, с. Малоенейское, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>4</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия,

\* E-mail: [ruggennadij@mail.ru](mailto:ruggennadij@mail.ru)

\*\* E-mail: [deevv1@yandex.ru](mailto:deevv1@yandex.ru)

\*\*\* E-mail: [shpansky@ggf.tsu.ru](mailto:shpansky@ggf.tsu.ru)

Поступила в редакцию 28.05.2023 г.

После доработки 15.06.2024 г.

Принята к публикации 25.09.2024 г.

Изучен новый разрез высокой (бийской) террасы р. Бии в районе с. Карабинка. В разрезе выделено две толщи отложений — флювиальная (нижняя) и субаэральная (верхняя), которые хорошо коррелируются с известными разрезами бийской террасы в районах г. Бийска и пос. Старая Ажинка. В результате проведенных корреляций отложений, определения их возрастов радиоуглеродным методом и методом оптически стимулированной люминесценции (OSL) установлено, что флювиальная толща бийской террасы сформирована гигантским гляциальным паводком, который прошел по долине Бии около 50–45 тыс. л. н., т.е. в первой половине межледниковой стадии МИС 3. После этого начал формироваться субаэральный покров верхней части террасы. В боковых притоках р. Бии, блокированных крупными паводковыми прирусловыми валами, долгосреднее время, вплоть до 14.5 тыс. л. н., находились подпрудные озера. Хорошая сходимости данных радиоуглеродного и OSL определения возрастов говорит о том, что при соответствующем контроле полноты засветки зерен кварца, суперпаводковые пески являются пригодными для определения возрастов крупных гидрологических событий. Определения возраста флювиальной толщи бийской террасы имеет важнейшее значение, так как она представляет собой региональный стратиграфический маркер, позволяющий коррелировать верхненеоплейстоценовые отложения Горного Алтая и Предалтайской равнины.

**Ключевые слова:** верхний неоплейстоцен, гигантский гляциальный паводок, OSL-датирование, <sup>14</sup>C-датирование, бийская терраса, Бия, Горный Алтай, Предалтайская равнина

DOI: 10.31857/S2949178924040044, EDN: FGYQDI

## ВВЕДЕНИЕ

В магистральных речных долинах Горного Алтая (Катунь, Бия) и р. Обь на Предалтайской равнине (рис. 1) широко развиты комплексы террас. Генезис и возраст самих террас, равно как и слагающих их толщ, являются предметом многолетней дискуссии.

Различными исследователями в долине Верхней Оби выделялось от IV до V надпойменных террас (Москвитин, 1960; Шукина, 1960; Адамен-

ко, 1967; Архипов, 1971). Были предприняты попытки увязать уровни надпойменных террас Оби с таковыми в пределах долин Катунь (Рагозин, 1948) и Бии (Живаго, 1949). В составе отложений террасового комплекса были выделены осадки, соответствующие ледниковым и межледниковым горизонтам Горного Алтая (Шукина, 1960), западно-сибирской и альпийской геохронологических шкал (Малолетко, 1972; Адаменко, 1974). К примеру, при проведении среднемасштабных геолого-съёмочных работ был выделен комплекс из пяти надпойменных террас (Адаменко, 1974). Отложения V, бийской (60–80 м), надпойменной террасы были разделены на среднеоплейстоценовые монастырскую и большереченскую свиты, отложения остальных террас отнесены к позднему неоплейстоцену. В свою очередь, А.М. Малолетко (1972) соотнес возраст отложений террас с под-

<sup>#</sup> Ссылка для цитирования: Русанов Г.Г., Деев Е.В., Шпанский А.В. (2024). О времени суперпаводкового события в долине р. Бии (Алтай) по материалам изучения отложений ее высокой террасы у села Карабинка. *Геоморфология и палеогеография*. Т. 55. № 4. С. 42–57. <https://doi.org/10.31857/S2949178924040044>; <https://elibrary.ru/FGYQDI>

разделениями западно-сибирской геохронологической шкалы. В координатах морских изотопных стадий (МИС) его представления выглядят следующим образом: отложения V террасы соответствуют МИС 5, IV – МИС 4, III – МИС 3, II и I – МИС 2.

С.А. Архипов (1971) придерживался мнения о присутствии в пределах Верхней Оби четырех надпойменных террас, каждая из которых имеет двучленное строение. Верхний ярус сложен “холодным”, перигляциальным аллювием, нижний – отложениями “теплого”, межледникового аллювия. Климатическую природу террас (IV и III) он увязывал с оледенениями среднего (МИС 8) и верхнего (МИС 4) неоплейстоцена (II и I террасы). Позднее, он отнес отложения всех четырех террас к эпохе оледенения МИС 2 (Архипов, 1973).

В.А. Панычев (1979), в свою очередь, считал, что в магистральных долинах рек Предалтайской равнины и Горного Алтая присутствует две цикловые террасы. Аллювий более древней террасы сформировался в результате межледниково-ледникового цикла среднеледниковой седиментации (“теплый” и “перигляциальный” аллювий соответственно). Нечетко выраженные уровни IV (бийской), V и VI террас, по его мнению, представляют собой эрозионные или эрозионно-аккумулятивные уровни, выработанные в перигляциальных отложениях, которые коррелируются с террасами долин Катунь (высокие террасы) и Бии, вырезанными по флювиогляциальным отложениям с увеличением количества террасовидных уровней. В среднеледниковую толщу вложен

аналогично устроенный позднеплейстоценовый аллювий, по которому вырезаны позднеледниковые эрозионно-аккумулятивные поверхности, рассматриваемые в качестве I–III террас. В долинах Бии и Катунь количество таких уровней, сформированных по флювиогляциальным отложениям, возрастает. В пределах последней они соответствуют средним и низким террасам.

Принципиально иную трактовку получил генезис и возраст террас региона с появлением концепции гигантских гляциальных паводков (Бутвиловский, 1985, 1993). Высокие и средние террасы Катунь стали интерпретироваться как эрозионные, вырезанные по суперпаводковым отложениям ининской и сальджарской толщ, либо, частично, как прирусловые бары гигантского водного потока (Парначев, 1999; Зольников, 2008; Деев и др., 2015; Зольников и др., 2015; Carling et al., 2002; 2009; Deev et al., 2019). Ключевыми вопросами, касающимися геологии суперпаводковых отложений, являются их количество и возраст. Ряд исследователей разделяет точку зрения, что серии суперпаводковых событий происходили во время МИС 2–3 (Бутвиловский, 1993; Carling et al., 2002; 2009; Reuther et al., 2006) и даже в голоцене (Рудой, Земцов, 2010). Согласно другим авторам (Зольников и др., 2016; Панин и др., 2021; Deev et al., 2019), основные суперпаводковые события закончились в Горном Алтае до рубежа 80–90 тыс. л. н., более поздние паводки, связанные с прорывами разнотипных озерных подпруд, были менее полноводными.

И.Д. Зольников (2009), коррелируя суперпаводковые события в долинах Катунь и Оби пришел к выводу, что седиментационные циклы высоких III–V террас Оби начинаются не с аллювия межледниковий, а с отложений гляциальных суперпаводков, представленных монастырской и бийской толщами, которые коррелируются соответственно с ининской, слагающей цоколь высоких эрозионных террас, и сальджарской, формирующей цоколь средних эрозионных террас Катунь. Их перекрывают делювиально-пролювиальные шлейфы и субэвразийный лёссово-почвенный комплекс. Пески, перекрывающие уровни I–IV нпт, имеют эоловый генезис. Собственно, речная аккумуляция в долине Оби не превышала уровень II террасы.

Следы гляциальных мегапаводков были обнаружены и в пределах долины Бии (Барышников, 1976, 1992), а возможный возраст гигантского селевого потока оценен в 37.5 тыс. л. н. (Baryshnikov et al., 2016). Присутствие отложений гигантского гляциального паводка в основании разреза V (бийской) террасы было показано Г.Г. Русановым (2007).



**Рис. 1.** Обзорная карта района исследований. В качестве подложки использована карта из <https://yandex.ru/maps>.

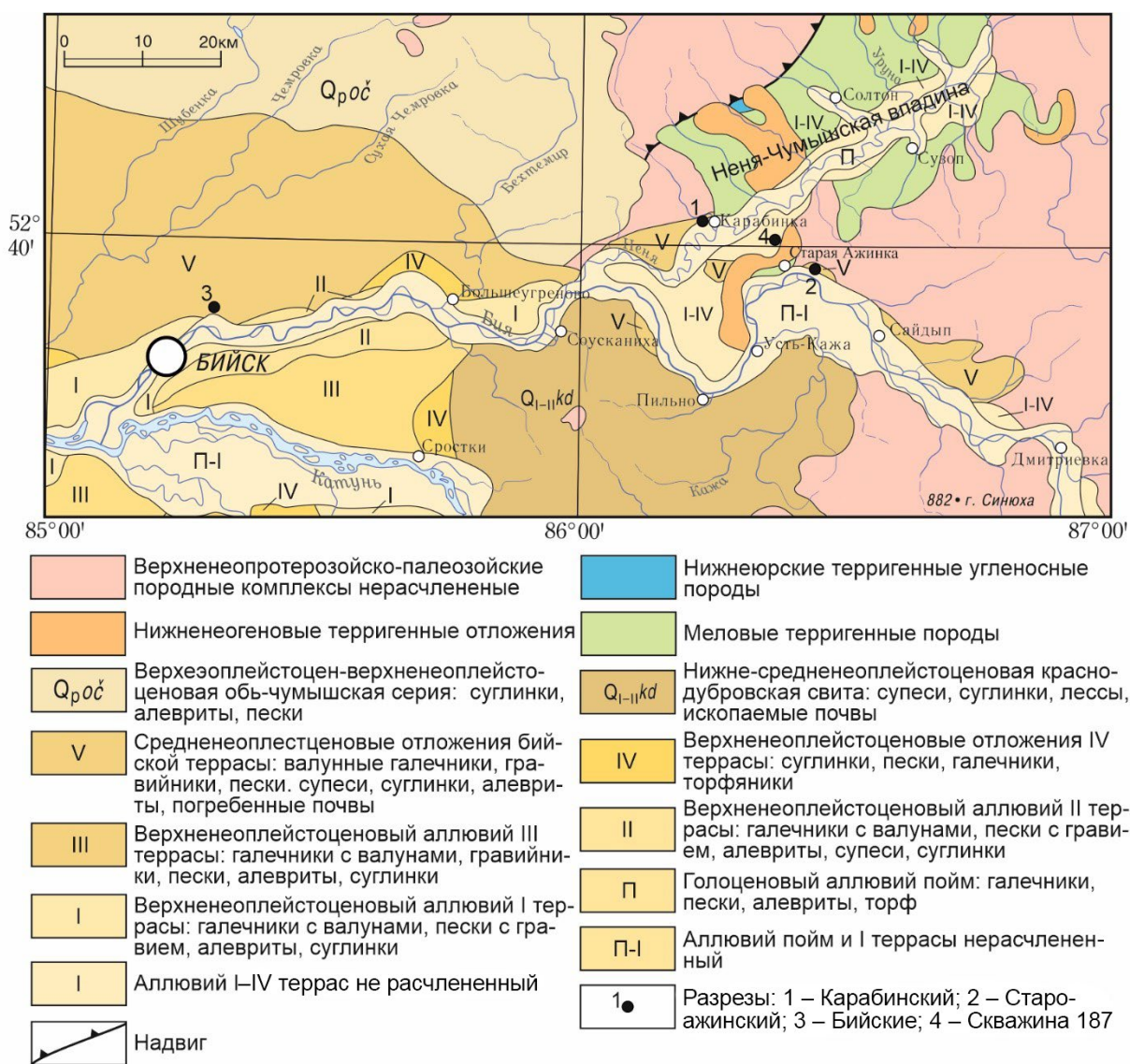
**Fig. 1.** Overview map of the study area based on <https://yandex.ru/maps>.

Таким образом, до сих пор остаются нерешенными вопросы возраста генезиса отложений, слагающих террасы в зоне сочленения Горного Алтая и Предалтайской равнины. В этой работе мы попытались решить эти вопросы на примере отложений бийской террасы.

## ГЕОЛОГИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассматриваемый район находится на стыке Предалтайской равнины, Горного Алтая, южных отрогов Салаира и расположенного восточней хребта Бийская грива (рис. 1). Согласно данным геологической съемки (Бабин и др., 2007; Государственная... 2007; Федак и др., 2018; Русанов,

Карабицина, 2018; Русанов, Колпакова, 2021) в восточной части рассматриваемой территории под покровом лёссовидов еловской свиты (четвертая ступень верхнего звена неоплейстоцена — первая половина голоцена) мощностью до 20 м широко развиты верхнелопотерозойско-палеозойские осадочные, вулканогенно-осадочные магматические и метаморфические комплексы (рис. 2). На них наложена Неня-Чумышская впадина, выполненная нижнеюрскими терригенными угленосными и меловыми терригенными породами мощностью до 1500 м. Во впадине и в зоне ее сочленения с долиной р. Бии также присутствуют отдельные поля развития нижнеэоценовых терри-



**Рис. 2.** Геологическое строение района исследований со снятыми четвертичными отложениями в пределах Салаира, Бийской гривы и Неня-Чумышской впадины; выполнена на основе (Государственная... 2007), с учетом (Русанов, Карабицина, 2018; Русанов, Колпакова, 2021) и авторскими изменениями.

**Fig. 2.** Geology of the study area in Salair, the Biya Range and the Nenya-Chumysh Depression without Quaternary deposits modified after (Babin, 2007; Rusanov, Karabitsina, 2018; Rusanov, Kolpakova, 2021).

генных отложений. В составе комплекса четвертичных отложений обособляются: верхнеоплейстоцен-верхнелоплейстоценовая об-чумышская серия — толща нерасчлененных аллювиальных, озерно-аллювиальных, озерных, озерно-болотных, лёссовых, золовых, делювиально-пролювиальных отложений мощностью 100–200 м, ниже-среднелоплейстоценовая краснотубовская свита, состоящая из переслаивания лёссов, лёссовидных суглинков и супесей и пролювиальных глин мощностью до первых десятков метров, а также среднелоплейстоцен-голоценовые отложения пойм рек Бии, Катунь и Оби и их пяти надпойменных террас мощностью до 120 м. Отложения интересующей нас V (бийской террасы) высотой около 60–80 м датированы второй частью среднего звена — первой ступенью верхнего звена неоплейстоцена.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оплывшая стенка строительного карьера у с. Карабинка изучена в зачистках. В стенках зачисток обособлены слои с учетом цвета, гранулометрии, слоистости, специфики минерального состава, отдельности отложений. Для обломков псефитовой размерности определялись степень окатанности и петрографический состав. Измерены мощности слоев, выявлены постседиментационные деформации. Минералогический анализ шлихов песков выполнен в Центральной аналитической лаборатории ФГБУ “Институт Карпинского” (Санкт-Петербург).

Определения остатков млекопитающих выполнены А.В. Шпанским. Радиоуглеродное датирование двух костных фрагментов выполнено методом ускорительной масс-спектрометрии в ЦКП Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии ИГ РАН (Москва) и в AMS лаборатории Аризонского университета (США).



**Рис. 3.** Фрагмент стенки заброшенного карьера, открывшего бийскую террасу около с. Карабинка.

**Fig. 3.** Wall fragment of an abandoned quarry that exposed the Biya terrace near Karabinka village.

Калибровка возрастов проведена с использованием программы OxCal 4.4 (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>) и калибровочной кривой IntCal20 (Reimer et al., 2020).

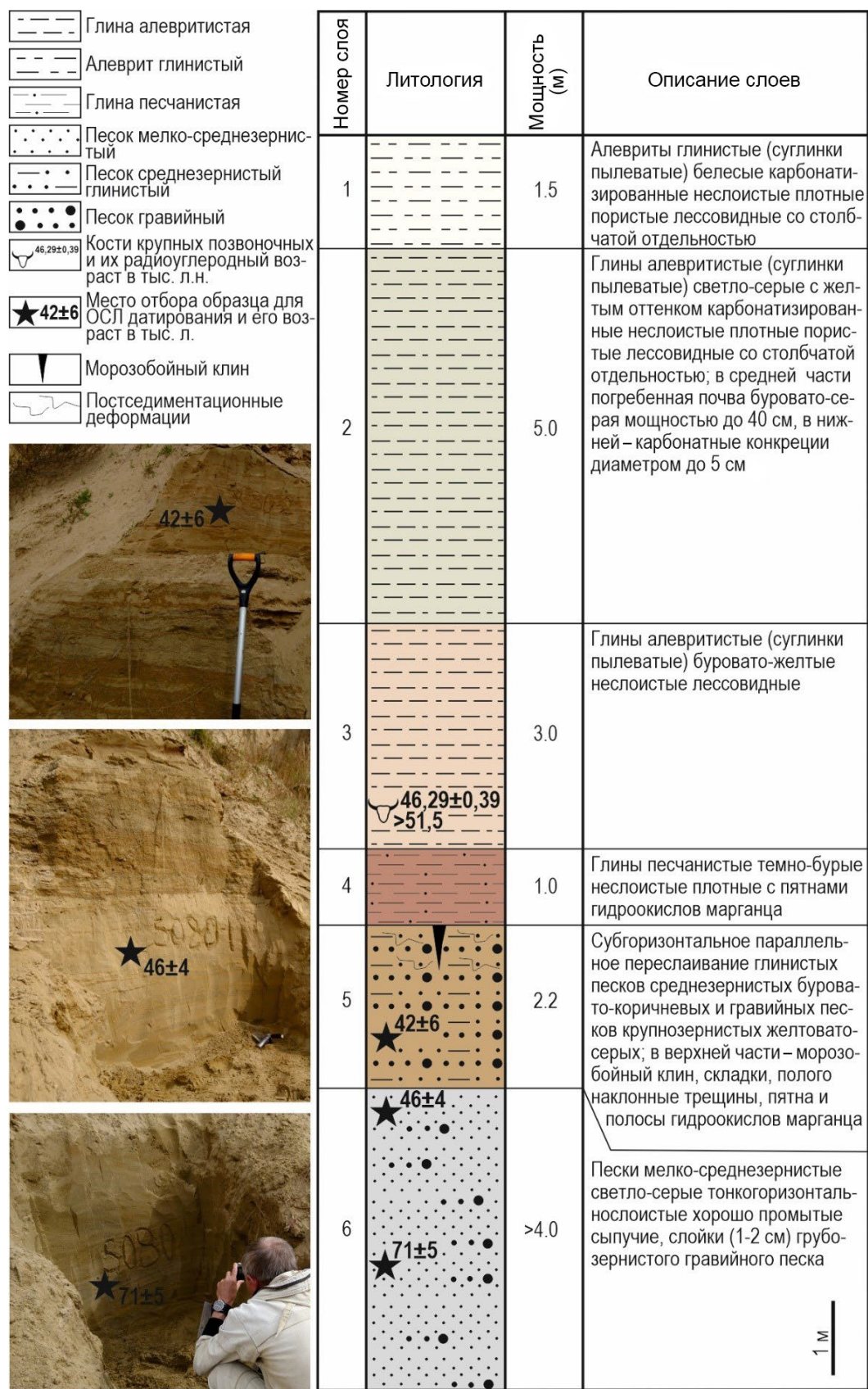
OSL-датирование трех образцов песков выполнено в лаборатории оптически стимулированной люминесценции ФГБУ “Институт Карпинского”. Трубы с образцами песков диаметром 5 см и длиной 30 см вскрывались в помещении с красным светодиодным освещением. После мокрого просеивания образцы были выдержаны в 10% HCl в течение 20 мин, 10% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> — 120 мин и в 10% HF — 15 мин. После чего зерна кварца были выделены с помощью сепарирования в тяжелой жидкости, плотностью 2.58 г/см<sup>3</sup> и выдержаны в 38% HF 70 минут и еще 40 минут в 10% HCl. Для определения палеодозы высушенные образцы были измерены на автоматизированной системе ТЛ/OSL-датирования Risø TL/OSL Reader DA-20 C/D с источником Sr90/Y90 (мощность дозы 0.0908 Гр/с) с использованием стандартного SAR-протокола (Murray, Wintle, 2003). Измерения современной активности радионуклидов рядов <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th и <sup>40</sup>K были выполнены на сверхнизкофоновом спектрометре гамма-излучения на основе кристалла из чистого германия CANBERRA BE3825. Перед измерением образцы были загерметизированы воском и выдержаны в течение как минимум 23 дней для установления радиоактивного равновесия <sup>226</sup>Ra с продуктами его распада. Мощности дозы были рассчитаны стандартным способом (Durcan et al., 2015).

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

*Карабинский разрез.* На выходе из Неня-Чумышской впадины в долину р. Бии (рис. 2), в правом борту долины реки Неня, у с. Карабинка, в расчистках изучена стенка карьера (рис. 3) высотой 17 м (52.692543° с.ш.; 86.230650° в.д.). Сверху вниз исследованный разрез вскрытой мощностью 16.7 м представлен следующим набором слоев (рис. 4).

Слой 1. Алевриты глинистые (суглинки пылеватые) белесого цвета неслоистые карбонатизированные плотные пористые лёссовидные со столбчатой отдельностью. В нижней части на глубине 1 м обнаружены плечевая и большая берцовая кости суслика *Spermophilus* sp. Их сохранность предполагает позднелоплейстоцен-голоценовый возраст. Мощность 1.5 м.

Слой 2. Глины алевритистые (суглинки пылеватые) светло-серые с желтым оттенком, неслоистые плотные карбонатизированные пористые лёссовидные со столбчатой отдельностью. В нижней части присутствуют крепкие карбонатные кон-



креции различной формы размером от 1 до 5 см. В средней части слоя выделяется слабовыраженный прослой погребенной почвы буровато-серого цвета мощностью до 40 см. Мощность 5.0 м.

Слой 3. Глины алевроитистые (суглинки пылеватые) буровато-желтые неслоистые лёссовидные. В слое обнаружены левая большая берцовая кость суслика *Spermophilus* sp., фрагмент ребра мамонта *Mammuthus* sp. и фрагмент большой берцовой кости бизона *Bison* sp. Сохранность остатков позволяет соотнести их со средним – поздним неоплейстоценом. Мощность 3.0 м.

Слой 4. Глины песчанистые темно-бурые неслоистые очень плотные с многочисленными черными пятнами гидроокислов марганца. Мощность 1.0 м.

Слой 5. Субгоризонтальное переслаивание глинистых песков буровато-коричневых среднезернистых и гравийных песков желтовато-серых крупнозернистых. Гравий диаметром до 3 мм хорошо окатан, представлен кварцем. Толщина прослоев от 1 до 10 см. Внутри этих прослоев видна тонкая (первые мм) горизонтальная параллельная слоистость. Верхнюю часть слоя разбивает морозобойный (?) субвертикальный клин длиной 70 см и шириной в верхней части 15 см, заполненный темно-бурой песчанистой глиной слоя 4. В верхней части слоя, до глубины 1,2 м, наблюдаются многочисленные черные пятна гидроокислов марганца. Иногда кровля прослоев пропитана черными окислами марганца, образуя протяженные полосы толщиной до 1.5 см. В интервале 1–2 м от кровли наблюдаются многочисленные деформации отложений в виде складок и полого наклонных трещин толщиной 1–2 см, заполненных буровато-коричневыми глинистыми песками. Мощность слоя 2.2 м.

Слой 6. Пески мелко-среднезернистые светло-серые тонкогоризонтальнослоистые, хорошо промытые рыхлые и сыпучие. Встречаются тонкие (1–2 см) слойки гравийного грубозернистого песка. Гравий диаметром до 3 мм хорошо окатан, представлен кварцем и зелеными терригенными породами. Видимая мощность 4.0 м.

Таким образом, в разрезе выделяются две толщи: флювиальная (слои 5 и 6) и субаэральная (слои 1–4).

По результатам минералогического анализа шлихов, отобранных из песков слоя 6, доминируют минералы высокоустойчивые и промежуточные к длительной транспортировке: магнетит (51.4%), ильменит (22.7%), эпидот (11.2%), мартит (9.4%), альмандин, (2.3%), амфибол (1.7%). В долях процента присутствуют циркон (0.7%), апатит (0.3%), лейкоксен (0.3%), встречаются единичные знаки

золота. Кроме того, в единичных знаках содержатся киноварь, пирит, муассанит, рутил, анатаз, ставролит, ромбические пироксены, гроссуляр, турмалин и сфен – минералы не характерные для бассейна р. Нени. В легкой фракции доминирует высокоустойчивый кварц (79.0%); в резко подчиненном количестве содержатся плагиоклаз (16.0%) и полевые шпаты (4.0%), а также кальцит (1.0%), являющийся аутигенным.

Из слоя 6 отобрано два образца песков, для которых получены следующие OSL-возрасты (рис. 4, табл. 1): в нижней части на глубине 15 м –  $71 \pm 5$  тыс. л. (RGI-0655), на глубине 13 м –  $46 \pm 4$  тыс. л. (RGI-0656). Образец песка из слоя 5, отобранный на глубине 12 м от поверхности, имеет OSL-возраст  $42 \pm 6$  тыс. л. (RGI-0651). Как видно, две из трех датировок  $46 \pm 4$  и  $42 \pm 6$  тыс. л. хорошо согласуются между собой. Существенно более древняя дата в  $71 \pm 5$  тыс. л. может быть связана с неполнотой засветки зерен кварца во время последней транспортировки и должна рассматриваться как максимально возможный нижний возрастной предел отложений слоя 6.

Для костных фрагментов, обнаруженных в слое 3, получены две радиоуглеродные даты (рис. 4, табл. 2). Фрагмент ребра мамонта имеет возраст более 51500 лет (IGANAMS-10045), а фрагмент кости бизона –  $43930 \pm 310$  л. н. (IGANAMS-10046), или  $46290 \pm 390$  кал. л. н. Остатки млекопитающих в субаэральных отложениях слоев 1 и 3 указывают на существование открытых сухих пространств во время их накопления.

Результаты радиоуглеродного и OSL-датирования демонстрируют хорошую сходимость. Они показывают, что накопление отложений слоев 5–3 проходило на протяжении временного интервала, соответствующего стадии МИС 3. Присутствие деформаций в кровле слоя 5 может указывать на локальный перерыв в осадконакоплении. Деформации, вероятно, связаны с мерзлотными и солифлюкционными процессами в начале стадии МИС 3 или в холодную подстадию МИС 3b. Слой 2 может соответствовать времени последнего позднеоплейстоценового оледенения, а слой 1 – первой половине или оптимуму голоцена.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Строение бийской террасы в Карабинском разрезе хорошо коррелируется с ранее изученными разрезами террасы как вверх, так и вниз по течению р. Бии. Выше по долине бийская терраса наиболее полно вскрыта боковой эрозией у правого борта долины Бии (Староажинский разрез, рис. 2), в 3 км выше с. Старая Ажинка (Русанов, 2007). Отсюда и вверх по течению до скалы Боль-

Таблица 1. Результаты OSL-датирования  
Table 1. Optically stimulated luminescence (OSL) data

| № | № лаб.   | № полевой | Минерал | Влаж-ность, % | Фрак-ция, мкм | Кол-во навесок | Активность радионуклидов, Бк/кг |                   |                   |                 | Мощность дозы, гр/тыс. л. | Палеодоза, гр |      | Возраст, тыс. л. |
|---|----------|-----------|---------|---------------|---------------|----------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|---------------|------|------------------|
|   |          |           |         |               |               |                | <sup>238</sup> U                | <sup>226</sup> Ra | <sup>232</sup> Th | <sup>40</sup> K |                           | SAR OSL       |      |                  |
| 1 | RGI-0655 | 5080      | Q       | 12            | 90-250        | 8              | 12±2                            | 12.1±0.3          | 13.4±0.3          | 413±19          | 1.69±0.8                  | 119±7         | 71±5 |                  |
| 2 | RGI-0656 | 5080-1    | Q       | 11            | 90-250        | 9              | 11±2                            | 12.2±0.3          | 13.5±0.3          | 415±19          | 1.63±0.08                 | 75±6          | 46±4 |                  |
| 3 | RGI-0651 | 5080-2    | Q       | 11            | 90-250        | 8              | 14±2                            | 14.4±0.3          | 16.2±0.3          | 422±20          | 1.74±0.09                 | 78±16         | 42±6 |                  |

Примечания. Q – кварц; значение влажности принималось за 75% от величины водонасыщения образца.

шой Камень она прослеживается в виде узкого, плохо выраженного фрагмента. Эрозионный уступ крутой, в верхней и нижней частях субвертикальный. Внизу, подмываемый во время паводков, уступ осыпается и обваливается крупными блоками. Отложения бийской террасы залегают на эродированном палеозойском цоколе высотой до 4 м над урезом реки. Общая высота террасы, как формы рельефа, с учетом цоколя – 64 м. В ее строении выделяются три толщи, отличающиеся по литологии, генезису и возрасту (рис. 5, (а)).

Верхняя толща (рис. 5, (а)). Староажинского разреза мощностью до 10 м – эоловые желтовато-серые пористые карбонатные лёссовидные супеси и суглинки со столбчатой отдельностью еловской свиты. Они сплошным чехлом различной мощности покрывают не только все террасы, кроме первой, в долине нижнего течения Бии, но и склоны долин, водоразделы в низкоречно-предгорной части Алтая и в настоящее время датируются четвертой ступенью верхнего звена неоплейстоцена – первой половиной голоцена (Русанов, Колпакова, 2021). В верхней части толщи, на рассматриваемом участке бийской террасы, до глубины 1.2 м собрано большое количество костей млекопитающих, принадлежащих *Citellus citellus* L., *Martes* sp., *Gulo* sp., *Equus caballus* L., *Bos taurus*, *Alces alces* L. Видовой состав и сохранность остатков предполагает позднеголоценовый возраст. Верхнюю толщу Староажинского разреза мы коррелируем со слоями 1 и 2 Карабинского разреза.

Средняя толща Староажинского разреза мощностью 20 м (рис. 5, (а)) состоит из переслаивания буровато-серых алевритов и супесей с прослоями и линзами (0.05–1 м) песков, гравия и гальки. Гравий и галька однообразного состава – кремнистые породы и кварц средне- и плохоокатанные. Слоистость толщи линзовидная, волнистая, в отдельных пачках мелкая косая однонаправленная. В низах толщи обнаружены два неопределимых обломка крупных костей (рис. 5, (б)), по которым Л.А. Орлова определила их радиоуглеродный возраст, составляющий более 45 000 лет (СОАН-4003) (Русанов, 2007).

Строение средней толщи и однообразный состав обломков свидетельствуют, что р. Бия не принимала участия в ее формировании. Это аллювиальные и пролювиальные отложения рек и ручьев, стекавших с севера, с отрогов хребта Бийская Грива (рис. 1), и разгрузавшихся в долине Бии. Вероятно, в это время сток Бии был гораздо ниже современного, русло проходило у противоположного (левого) борта долины, ширина которой на данном участке 8 км. Поэтому

**Таблица 2.** Результаты радиоуглеродного датирования  
**Table 2.** Radiocarbon dating results

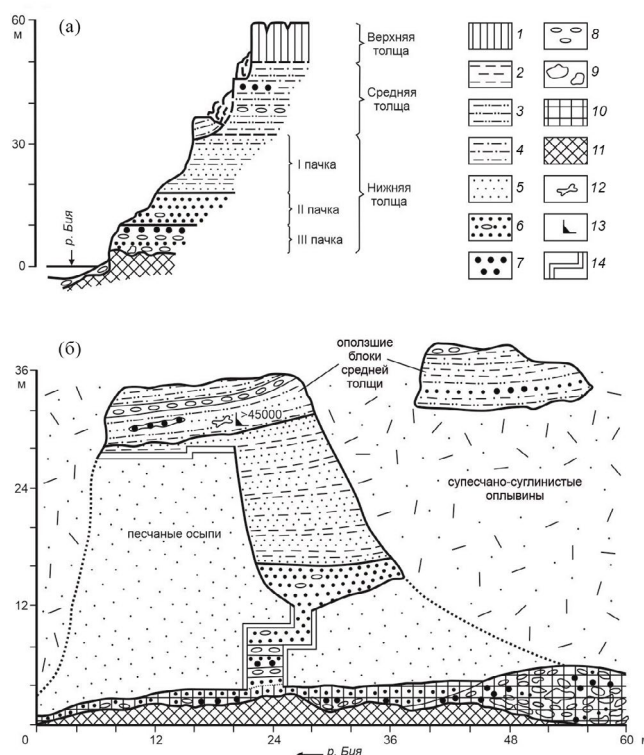
| Лабораторный номер         | Место отбора | Образец / материал                | Возраст, л. н. | Калиброванный возраст ( $\mu \pm \sigma$ ), л. н. |
|----------------------------|--------------|-----------------------------------|----------------|---------------------------------------------------|
| IGAN <sub>AMS</sub> -10045 | Слой 3       | Фрагмент ребра мамонта / коллаген | >51 500        |                                                   |
| IGAN <sub>AMS</sub> -10046 | Слой 3       | Фрагмент кости бизона / коллаген  | 43 930±310     | 46 290±390                                        |

река не успевала перерабатывать поступающий материал. Резкий неровный эрозионный контакт с подстилающей толщей указывает на перерыв в осадконакоплении и резкую смену условий седиментации.

Несмотря на фациальные различия, среднюю толщу Староажинского разреза мы коррелируем со слоями 3 и 4 Карабинского разреза. В пользу этого говорят: 1) наличие несогласия в основании слоя 4 Карабинского разреза и средней толщи Староажинского разреза; 2) близкие радиоуглеродные возрасты из основания коррелируемых толщ, характеризующие первую половину последнего межледниковья (МИС 3).

Нижняя толща Староажинского разреза (рис. 5) мощностью 30 м состоит из трех пачек, образующих единое по возрасту и генезису, но фациально разнородное тело (Русанов, 2007). Верхняя пачка имеет мощность 14 м. Ее кровля слабо размыта. Пачка представлена ритмичным субгоризонтальным переслаиванием крупно-, средне- и мелкозернистых полимиктовых песков, алевроитов серого цвета и буровато-серых песчанистых глин. В последних четко выражена горизонтальная тонкослоистая текстура. Мощность ритмов от первых сантиметров в верхах пачки возрастает до 1–1.5 м в ее основании. Каждый ритм начинается с прослоя песка, чем больше мощность ритма, тем крупнее песок. Пески сменяются прослоями алевроитов. Местами в песках и алевроитах наблюдается мелкая косая слоистость. Завершается ритм песчанистой глиной. Мощность глинистых прослоев с 2–3 см в низах горизонта уменьшается вверх по разрезу до первых миллиметров. В песчаных прослоях встречаются шарообразные карбонатные конкреции диаметром до 0.5 см или в виде округлых лепешек толщиной в первые миллиметры и диаметром до 10 см.

Средняя пачка нижней толщи (см. рис. 5) мощностью 8 м состоит из серых грубо-крупнозернистых и гравийных полимиктовых песков с редкими гальками размером до 6 см. Галька и гравий пестрого петрографического состава и различной окатанности. Полностью отсутствует материал алевропелитовой фракции.



**Рис. 5.** Разрезы бийской террасы выше с. Старая Ажинка, по (Русанов, 2007) с изменениями.

(а) – разрез бийской террасы выше с. Старая Ажинка; (б) – фрагмент обнажения нижней части разреза бийской террасы в 3 км выше с. Старая Ажинка. 1 – покровные суглинки и супеси; 2 – глины; 3 – супеси; 4 – алевроиты; 5 – разнотернистые пески; 6 – грубо- и крупнозернистые пески с галькой; 7 – гравийники; 8 – галечники; 9 – валуны и глыбы; 10 – участок развития травертинов; 11 – коренные породы; 12 – ископаемые кости; 13 – места отбора проб на радиоуглеродное определение возраста; 14 – участки зачисток.

**Fig. 5.** Biya terrace sections upstream of Staraya Azhinka village modified from (Rusanov, 2007).

(a) – outcrop fragment in the lower part of the section of the Biya terrace 3 km upstream of Staraya Azhinka village. 1 – aeolian clayey and silty sand; 2 – clay; 3 – silty sand; 4 – silt; 5 – fine to coarse sand; 6 – coarse sand with pebbles; 7 – fine pebble; 8 – pebble; 9 – cobble and boulders; 10 – travertine; 11 – bedrock; 12 – fossil bone; 13 – sampling locations for radiocarbon dating; 14 – stripping area.

Нижняя пачка (см. рис. 5) мощностью 5–8 м, залегающая на палеозойском цоколе, представлена грубо-крупнозернистыми, реже мелко-среднезернистыми серыми и желтовато-серыми полимиктовыми песками с рассеянной в них галькой и мелкими валунами, с частыми линзами и линзовидными прослоями гравия, галечника и валунника с глыбами до 1 м. Мощность линз и прослоев от первых десятков сантиметров до 2–3 м, а в эрозионных «карманах» цоколя до 6 м. Текстура крупнослоистая с чередующимися косыми и горизонтальными пачками. Косые пачки имеют наклон как вниз, так и вверх по долине. Дальнепринесенный материал представлен хорошо и идеально окатанными гравием, галькой и мелкими валунами разнообразных пород, среди которых часто встречаются гнейсовидные граниты, гнейсы, плагиогнейсы, развитые в верхнем и среднем течении Бии. Местные обломки от дресвяной до глыбовой размерности плохо, либо совсем не окатаны и представлены породами, слагающими цоколь.

Отложения низов пачки крепко сцементированы желтовато-серым кальцитовым травертиновым цементом, образуя тела песчаников (рис. 6), гравелитов и конгломератов (рис. 6, (в)) мощностью 0.5–6.0 м и протяженностью от первых метров до 100 м (см. рис. 5, (б); 6). Местами в них наблюдаются пустоты, в которых поверхности галек и валунов покрыты кристаллическими щетками и друзами (рис. 6, (г)) белого кальцита (Русанов, 2007; Русанов и др., 2013). Травертиновый цемент придает отложениям древний облик, что часто вводило исследователей в заблуждение относительно их возраста. Так их рассматривали как морену раннеплейстоценового оледенения (Кузьмин, 1929), как юрские конгломераты (Нешумаева, Бессоненко, 1955; Парвицкая, 1948).

Фациальная архитектура и структурно-текстурные признаки отложений нижней толщи позволили соотнести ее формирование с гигантским гляциальным паводком, прокатившимся по долине р. Бии (Русанов, 2007). В свою очередь, мы сопоставляем отложения верхней и средней пачек нижней толщи Староажинского разреза со слоями 5 и 6 Карабинского разреза.

Явное двучленное строение имеют разрезы бийской террасы в районе г. Бийска (рис. 2). В верхней половине 60-метровой террасы залегает субаэральная толща преимущественно навесного генезиса общей мощностью 26 м, представленная палевыми и светло-коричневыми алевроитами, основная часть которых неслоистая. Среди алевроитов находятся пять погребенных палеопочв (Зольников и др., 2021). Эта толща хорошо коррелируется со слоями 1–4 Карабинского разреза и верхней и

средней толщами Староажинского разреза. В бийских разрезах она датируется по палинологическим данным, фауне млекопитающих, моллюсков и остракод поздним неоплейстоценом (Адаменко и др., 1962; Адаменко, 1974). Палеонтологические остатки отражают открытые лугово-степные ландшафты, существовавшие в условиях довольно сухого климата (Свиточ и др., 1978; Шпанский, 2018). Полученные нами новые радиоуглеродные возрасты в Карабинском разрезе, а также возраст костных остатков из Староажинского разреза, относящиеся к низам этой субаэральная толщи свидетельствуют, что ее накопление началось в эпоху межледниковья, соответствующего МИС 3.

Нижняя часть разреза бийской террасы в районе г. Бийска, согласно (Зольников и др., 2021), представлена «флювиальной» толщей видимой мощностью 22 м. В ее состав входят (сверху вниз): светло-серый с желтым оттенком неслоистый алевроитовый песок (мощностью 1.5 м), светло-серые с рыжеватым оттенком субгоризонтально параллельно-слоистые крупно-среднезернистые хорошо промытые пески (2.8 м), светло-серые средне-крупнозернистые пески (7.3 м), серые крупнозернистые пески в нижней части – с гравием и галькой (видимая мощность более 10.4 м), сверху вниз параллельная горизонтальная слоистость песков переходит в косую. По данным (Свиточ и др., 1978; Панычев, 1979) ниже в разрезе «флювиальной» толщи могут присутствовать косослоистые гравийные пески с галькой и валунами, слой хорошо окатанных валунников и глыб размерами до 1.5 м в поперечнике. Согласно (Зольников, 2009; Зольников и др., 2021), «флювиальная» толща может представлять собой фациальный набор, характерный для отложений гигантских гляциальных паводков, которые сходили с гор Алтая, через долину Катунь, на Пржевальскую равнину.

Следовательно, нижние части Староажинского (нижняя толща), Карабинского (слои 5 и 6), а также бийских (флювиальная толща) разрезов могут представлять собой единое осадочное тело, сформированное гигантским гляциальным паводком. Этот паводок, судя по результатам OSL-датирования песков из слоев 5 и 6 Карабинского разреза, мог пройти по долине р. Бии 40–50 тыс. л. н. С учетом имеющихся радиоуглеродных возрастов из основания перекрывающих паводковые отложения пролювиальных и эоловых образований следует рассматривать интервал 45–0 тыс. л. н.

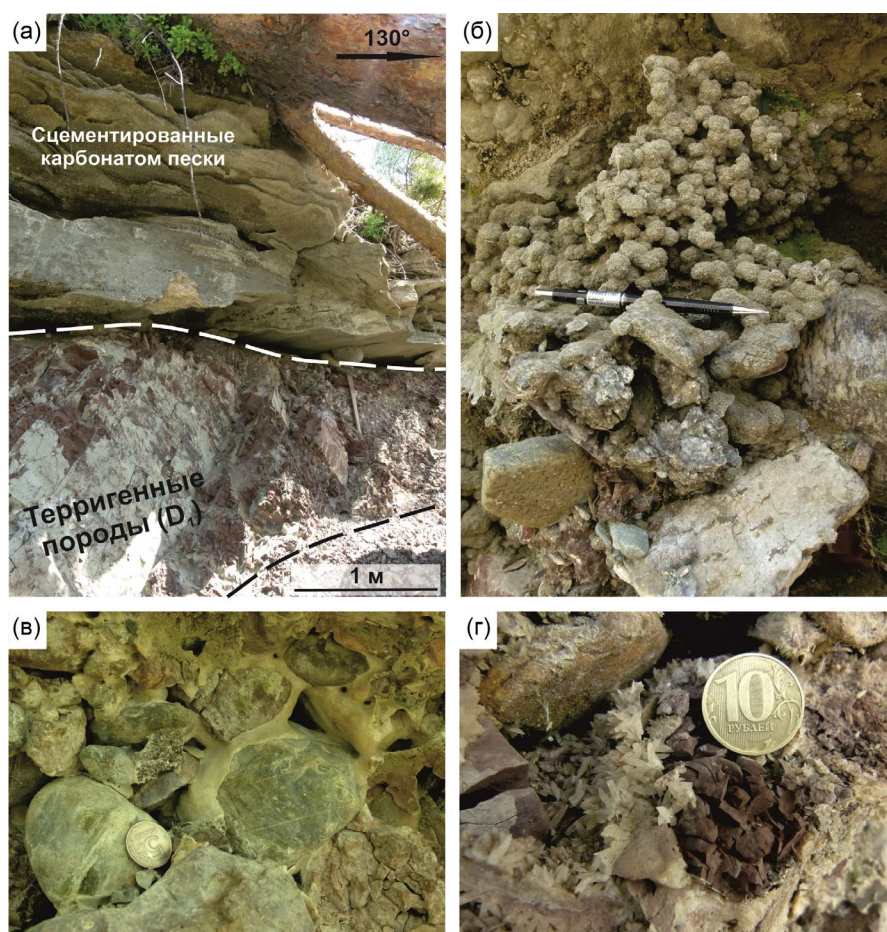
Изученные разрезы суперпаводковых отложений расположены в местах резкого расширения долины Бии (рис. 2). Так, ширина долины Бии в районе с. Старая Ажинка достигает 8 км,

в районе с. Карабинка в нее открывается широкая Неня-Чумышская впадина, бийские разрезy расположены после выхода Бии из гор на Предалтайскую равнину. В таких местах резко падают скорость суперпаводкового потока и его несущая способность, что приводит к быстрому накоплению отложений существенной мощности. Отметим, что преимущественно песчаный состав отложений гигантских гляциальных паводков характерен и для расширений долины р. Катунь в ее средней и нижней части (Зольников, Мистрюков, 2008; Деев и др., 2012).

Ранее на присутствие следов гигантского селевого потока с возрастом около 37,5 тыс. л. н. указывалось в (Baryshnikov et al., 2016). Скорости такого потока были оценены в 7–7,5 м/с. Предполагалось, что он возник при разрушении моренной дамбы Телецкого озера и сформировал в верховьях Бии паводковую террасу (бар) высотой

до 90–120 м. В результате прохождения потока по верхней части долины Бии отложениями паводка были заблокированы долины ряда притоков, где установилась озерная седиментация. Из отложений таких озер получена серия радиоуглеродных возрастов (Барышников, 2012; Русанов, Орлова, 2013): долина р. Учурги (рис. 1) –  $16190 \pm 90$  л. н. (СОАН-3851), или  $19550 \pm 140$  кал. л. н.; долина р. Лебедь –  $13750 \pm 70$  л. н. (СОАН-576), или  $16670 \pm 140$  кал. л. н.; долина р. Тулой –  $13220 \pm 100$  л. н. (СОАН-3368), или  $15880 \pm 150$  кал. л. н., и  $12465 \pm 75$  л. н. (СОАН-3369), или  $14640 \pm 210$  кал. л. н.; руч. Турачак –  $14980 \pm 70$  л. н. (СОАН-1863), или  $18350 \pm 150$  кал. л. н.; р. Пыжа –  $16120 \pm 80$  л. н. (СОАН-1864), или  $19440 \pm 110$  кал. л. н., и  $15270 \pm 60$  л. н. (СОАН-2017), или  $18500 \pm 140$  кал. л. н.

Перспективной для поиска подобных озерных отложений является долина нижнего и среднего течения р. Нени, представляющая собой расши-



**Рис. 6.** Травертины Староажинского разреза.

(а) – сцементированные карбонатом пески, залегающие на коренных породах палеозоя; (б) – гроздевидные песчано-карбонатные агрегаты; (в) – травертиновые корки, покрывающие поверхности аллювиальных валунов и галек; (г) – друзовые агрегаты кальцита в свободном пространстве между гальками.

**Fig. 6.** Travertines of the Staraya Azhinka section.

(а) – sand with travertine cement covering Paleozoic bedrock; (б) – grape-like sand-carbonate aggregates; (в) – travertine crusts covering the surfaces of alluvial cobbles and pebbles; (г) – druse aggregates of calcite in free space between pebbles.

рение шириной от 4 до 7–8 км и протяженностью более 40 км (рис. 2). По мнению А.М. Малолетко (1963), в образовании этого расширения решающую роль сыграло подпруживающее влияние некоего четвертичного поднятия палеозойского фундамента в приустьевой части р. Нени. Отметим, что гидрогеологическими и поисковыми скважинами, пробуренными здесь в последние годы, в том числе и Горно-Алтайской экспедицией (Мусаев и др., 2010), такое поднятие не установлено. Напротив, коренное днище впадины имеет вогнутый поперечный профиль. Однако еще в 1945 г. А.С. Кириллов и В.Ф. Сенцова (1945) образование неестественно широкой современной долины р. Нени объясняли подпруживающим влиянием Бии. Нам представляется, что Неня-Чумышская впадина на выходе в долину Бии на длительное время была блокирована мощной толщей паводковых отложений, аналогичных тем, что описаны в Карабинском и Староажинском разрезах. Это подпруживание должно было привести к образованию крупного озера, в котором могла сформироваться мощная озерная толща.

В 12 км к восток-юго-востоку от Карабинского разреза, в верхней части длинного пологого склона Неня-Чумышской впадины, на высоте 42 м над ее днищем, в мае 2009 г. Горно-Алтайской экспедицией была пробурена скважина № 157 (52.665556° с.ш., 86.404444° в.д.). Скважиной под толщей мощностью 6 м покровных лёссовидных суглинков с карбонатными конкрециями в средней части вскрыт разрез озерных отложений мощностью 32 м (Мусаев и др., 2010). В их составе чередуются слои глин, алевроитов и песков, мощности которых варьируют от 0.9 до 4.3 м. В свою очередь, под озерными отложениями с резким эрозионным контактом вскрыты предположительно верхнемиоценовые красно-бурые глины павлодарской свиты мощностью 10 м, залегающие с перерывом и несогласием на нижнемеловых отложениях илекской свиты. В 9.8 м выше подошвы озерных отложений, по растительному детриту, отобранному из алевроитов получена радиоуглеродная датировка  $15185 \pm 200$  лет (СОАН-7908) (Русанов, Орлова 2013). Ее калиброванный возраст составляет  $18500 \pm 190$  л. н. Полученный возраст хорошо коррелируется с этапом озерной седиментации в долинах боковых притоков верхнего течения Бии в интервале 19.5–14.5 тыс. л. н.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования высокой (бийской) террасы р. Бии в Карабинском разрезе, вместе с вновь полученными OSL- и  $^{14}\text{C}$ -возрастами, с привлечением ранее опубликованных данных,

в том числе авторских, приводят нас к следующим выводам.

1. В Карабинском разрезе в явном виде выделяются две толщи отложений — флювиальная (нижняя) и субаэральная (верхняя). Они хорошо коррелируются с известными разрезами бийской террасы в районах г. Бийска и пос. Старая Ажинка.

2. Флювиальная толща бийской террасы сформирована гигантским гляциальным паводком, который прошел по долине Бии около 50–45 тыс. л. н., т.е. в первой половине межледниковой стадии МИС 3. После чего начал формировать субаэральные покровы верхней части террасы.

3. В боковых притоках р. Бии, блокированных крупными паводковыми прирусловыми валами, долгое время вплоть до 19.5–14.5 тыс. л. н., находились подпружные озера.

4. Хорошая сходимость данных радиоуглеродного и OSL-определения возрастов говорит о том, что при соответствующем контроле полноты засветки зерен кварца, суперпаводковые пески являются пригодными для определения возрастов крупных гидрологических событий.

5. Определения возраста флювиальной толщи бийской террасы имеет важнейшее стратиграфическое значение, так как суперпаводковые отложения, накопившиеся практически мгновенно, представляют собой важнейший региональный маркер, позволяющий коррелировать верхнеплейстоценовые отложения Горного Алтая и Предалтайской равнины.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования травертинов и радиоуглеродное датирование выполнены в рамках государственного задания ИНГГ СО РАН (проект FWZZ-2022-0001).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Адаменко О.М. (1967). Основные закономерности геологического развития Кулундинской впадины. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т. 39 с.
- Адаменко О.М. (1974). Мезозой и кайнозой Степного Алтая. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 168 с.
- Адаменко О.М., Казаков П.Е., Канопа В.В. (1962). О возрасте бийской террасы. *Вестник Зап.-Сибирского и Новосибирского геологического управления*. № 3. С. 32–38.
- Архипов С.А. (1971). Четвертичный период в Западной Сибири. М.: Наука. 331 с.
- Архипов С.А. (1973). Стратиграфия и геохронология террас и погребенных долин в бассейне Верхней Оби. В сб.: *Плейстоцен Сибири и смежных областей*. М.: Наука. С. 7–21.

- Бабин Г.А., Гусев Н.И., Юрьев А.А. и др. (2007). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-45 — Новокузнецк. Объяснительная записка. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ. 665 с.
- Барышников Г.Я. (1976). Морфология и рыхлые отложения долины реки Бия. В сб.: *Вопросы геоморфологии Алтайского края*. Л.: ГО СССР. С. 14–17.
- Барышников Г.Я. (1992). Развитие рельефа переходных зон горных стран в кайнозое (на примере Горного Алтая). Томск: ТГУ. 182 с.
- Барышников Г.Я. (2012). Рельеф переходных зон горных стран. Барнаул: Изд-во Алтайск. госуниверситета. 499 с.
- Бутвиловский В.В. (1985). Катастрофические сбросы вод ледниково-подпрудных озер Юго-Восточного Алтая и их следы в рельефе. *Геоморфология*. № 1. С. 65–74.
- Бутвиловский В.В. (1993). Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск: ТГУ. 253 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. (2007). Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-45 — Новокузнецк. Под. ред. Г.А. Бабина. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ. 3 л.
- Деев Е.В., Зольников И.Д., Бородавский А.П. и др. (2012). Неотектоника и палеосейсмичность долины нижней Катунь (Горный Алтай). *Геология и геофизика*. Т. 53. № 9. С. 1154–1168.
- Деев Е.В., Зольников И.Д., Лобова Е.Ю. (2015). Позднеплейстоцен-голоценовые сейсмогенные деформации в долине р. Малый Яломан (Горный Алтай). *Геология и геофизика*. Т. 56. № 9. С. 1601–1620. <https://doi.org/10.15372/GiG20150903>
- Живаго А.В. (1949). Опыт применения шлихового метода при морфологическом анализе долины р. Бии (Алтай). *Труды Института географии АН СССР*. Вып. 39. С. 115–122.
- Зольников И.Д. (2008). Стратотипы четвертичных отложений Яломано-Катунской зоны Горного Алтая. *Геология и геофизика*. Т. 49. № 9. С. 906–918.
- Зольников И.Д. (2009). Гляциогенно обусловленные суперпаводки неоплейстоцена Горного Алтая и их связь с историей формирования отложений и рельефа Западно-Сибирской равнины. *Бюлл. комиссии по изуч. четвертич. периода*. № 69. С. 59–70.
- Зольников И.Д., Деев Е.В., Назаров Д.В. и др. (2015). Сравнительный анализ суперпаводковых отложений и аллювия долин рек Чуя и Катунь (Горный Алтай). *Геология и геофизика*. Т. 56. № 8. С. 1483–1495. <https://doi.org/10.15372/GiG20150807>
- Зольников И.Д., Деев Е.В., Котлер С.А. и др. (2016). Новые результаты OSL-датирования четвертичных отложений долины Верхней Катунь (Горный Алтай) и прилегающей территории. *Геология и геофизика*. Т. 57. № 6. С. 1194–1197. <https://doi.org/10.15372/GiG20160606>
- Зольников И.Д., Курбанов Р.Н., Деев Е.В. и др. (2021). Бийская терраса — аналог суперпаводковой сальдарской толщи Горного Алтая на Предалтайской равнине. В сб.: *Пути эволюционной географии: Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко (г. Москва, 22–25 ноября 2021 г.)*. М.: Институт географии РАН. С. 789–791.
- Зольников И.Д., Мистрюков А.А. (2008). Четвертичные отложения и рельеф долин Чуи и Катунь. Новосибирск: Параллель. 184 с.
- Кириллов А.С., Сенцова В.Ф. (1945). Геология области сопряжения Салаира, центральной части Ненинско-Чумышской впадины и западной окраины Горной Шории. В сб.: *Отчет о работах Солтонской геолого-съемочной партии в южной части листа N-45-XXVII в 1944 г.* Новосибирск. 131 с.
- Кузьмин А.М. (1929). Материалы к расчленению ледникового периода в Кузнецко-Алтайской области. *Известия Западно-Сибирского отдела Геологического комитета*. Т. 8. Вып. 2. 62 с.
- Малолетко А.М. (1963). Неотектоника предалтайской части Западной Сибири. В сб.: *Новые данные по геологии и полезным ископаемым Алтайского края*. Новосибирск. С. 19–22.
- Малолетко А.М. (1972). Палеогеография предалтайской части Западной Сибири в мезозое и кайнозое. Томск: Изд-во Томск. ун-та. 227 с.
- Москвитин А.И. (1960). Опыт применения единой стратиграфической схемы к четвертичным отложениям Западной Сибири. *Труды ГИН АН СССР*. Вып. 2. С. 11–36.
- Мусаев А.М., Первухин О.В., Божуха А.П. и др. (2010). Поисковые работы на бурый уголь в пределах Шабуровской площади (Алтайский край). В сб.: *Отчет по работам за 2007–2010 гг.* Малоенисейское. Т. I. 224 с. Гос. рег. № 84-07-15/1.
- Нешумаева К.Д., Бессоненко В.В. (1955). Отчет Бийской партии за 1954 г. по геологической съемке масштаба 1:200 000 северной части листа N-45-XXXIII. Новосибирск. 248 с.
- Панин А.В., Барышников Г.Я., Деев Е.В. и др. (2021). Геоморфологические и седиментологические данные к уточнению возраста алтайских мегапаводков. В сб.: *Пути эволюционной географии: Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко (г. Москва, 22–25 ноября 2021 г.)*. М.: Институт географии РАН. С. 822–825.
- Панычев В.А. (1979). Радиоуглеродная хронология аллювиальных отложений Предалтайской равнины. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 103 с.
- Парвицкая Н.И. (1948). Отчет Тогульской геологической партии за 1947 год. Новосибирск. 118 с.
- Парначев С.В. (1999). Геология высоких алтайских террас (Яломано-Катунская зона). Томск: ИПФ ТПУ. 137 с.
- Рагозин Л.А. (1948). О соотношении террас Центрального Алтая и предгорий в системе р. Катунь. В сб.: *Труды II Всесоюзного географического съезда*. Т. 2. С. 188–192.

- Рудой А.Н., Земцов В.А. (2010). Новые данные моделирования гидравлических характеристик позднечетвертичных дилuviальных потоков из Чуйского и Курайского ледниково-подпрудных озёр на Алтае. *Лед и снег*. № 1. С. 111–118.
- Русанов Г.Г. (2007). Озера и палеогеография Северного Алтая в позднем неоплейстоцене и голоцене. Бийск: ГОУ ВПО БПГУ. 164 с.
- Русанов Г.Г., Орлова Л.А. (2013). Радиоуглеродные датировки (СОАН) Горного Алтая и Предалтайской равнины: каталог. Бийск: ФГБОУ ВПО «АГАО». 291 с.
- Русанов Г.Г., Деев Е.В., Ряполова Ю.М. и др. (2013). Палеогидротермальная активность разломов Горного Алтая по результатам датирования травертинов. В сб.: *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*. № 4(16). С. 53–64.
- Русанов Г.Г., Карабичина Е.А. (2018). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000 (издание второе). Алтайская серия. Лист N-45-XXXIII (Красногорское). Карта четвертичных образований. М.: Московский филиал ФГБУ ВСЕГЕИ. 1 л.
- Русанов Г.Г., Колпакова Е.А. (2021). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000 (издание второе). Кузбасская серия. Лист N-45-XXVII (Солтон). Карта палеоген-четвертичных образований. СПб.: картфабрика ВСЕГЕИ. 1 л.
- Свиточ А.А., Боярская Т.Д., Воскресенская Т.Н. и др. (1978). Разрез новейших отложений Алтая (опорные разрезы новейших отложений). М.: Изд-во Моск. ун-та. 208 с.
- Федак С.И., Гусев А.И., Туркин Ю.А. и др. (2018). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Горно-Алтайская. Лист N-45-XXXIII (Красногорское). Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ ВСЕГЕИ. 140 с.
- Шпанский А.В. (2018). Четвертичные крупные млекопитающие Западно-Сибирской равнины: условия обитания и стратиграфическое значение. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Томск. ТомГУ. 313 с.
- Щукина Е.Н. (1960). Закономерности размещения четвертичных отложений и стратиграфия их на территории Алтая. *Труды ГИН АН СССР*. Вып. 26. С. 127–164.
- Baryshnikov G., Panin A., Adamiec G. (2015). Geochronology of the late Pleistocene catastrophic Biya debris flow and the Lake Teletskoye formation, Altai Region, Southern Siberia. *Int. Geology Rev.* V. 58. Iss. 14. P. 1780–1794. <https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1062733>
- Carling P.A., Kirkbride A.D., Parnachov S. et al. (2002). Late Quaternary catastrophic flooding in the Altai Mountains of south-central Siberia: a synoptic overview and introduction to flood deposit sedimentology. Martini I.P., Baker V.R., Garzon G. (Eds.). In: *Flood and Megaflood Processes and Deposits: Recent and Ancient Examples, Special Publication 32 of the IAS*. Oxford: Blackwell Science. P. 17–35. <https://doi.org/10.1002/9781444304299.ch2>
- Carling P.A., Martini I.P., Herget J. et al. (2009). Megaflood sedimentary fill: Altai mountains, Siberia. Burr D.M., Carling P.A., Baker V.R. (Eds.). In: *Megaflooding on Earth & Mars*. CUP. P. 243–264. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511635632.013>
- Deev E., Turova I., Borodovskiy A. et al. (2019). Large earthquakes in the Katun Fault zone (Gorny Altai): Paleoseismological and archaeoseismological evidence. *Quat. Sci. Rev.* V. 203. P. 68–89. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.11.009>
- Durcan J.A., King G.E., Duller G.A.T. (2015). DRAC: Dose Rate and Age Calculator for trapped charge dating. *Quat. Geochronology*. V. 28. P. 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2015.03.012>
- Murray A.S., Wintle A.G. (2003). The single aliquot regenerative dose protocol: Potential for improvements in reliability. *Radiation Measurements*. V. 37. P. 377–381 [https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(03\)00053-2](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(03)00053-2)
- Reimer P., Austin W.E.N., Bard E. et al. (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal BP). *Radiocarbon*. V. 62. Iss. 4. P. 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Reuther A.U., Herget J., Ivy-Ochs S. et al. (2006). Constraining the timing of the most recent cataclysmic flood event from ice-dammed lakes in the Russian Altai Mountains, Siberia, using cosmogenic in situ <sup>10</sup>Be. *Geology*. V. 34. P. 913–916. <https://doi.org/10.1130/G22755A.1>

## DETERMINING THE AGE OF THE MEGAFLOOD EVENT IN THE BIYA RIVER VALLEY (ALTAI) THROUGH THE STUDY OF HIGH TERRACE DEPOSITS NEAR KARABINKA VILLAGE<sup>1</sup>

G. G. Rusanov<sup>a, #</sup>, E. V. Deev<sup>b, c, ##</sup>, and A. V. Shpansky<sup>d, ###</sup>

<sup>a</sup> Gorno-Altai Expedition of the JSC “Siberian PGO”, Maloeniseyskoe, Russia

<sup>b</sup> Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

<sup>c</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>d</sup> National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

<sup>#</sup> E-mail: [rusgennadij@mail.ru](mailto:rusgennadij@mail.ru)

<sup>##</sup> E-mail: [deev1@yandex.ru](mailto:deev1@yandex.ru)

<sup>###</sup> E-mail: [shpansky@ggf.tsu.ru](mailto:shpansky@ggf.tsu.ru)

We studied a new section of the high (Biya) terrace on the Biya River near Karabinka village. The two identified sedimentary units – fluvial (lower) and subaerial (upper) – correlate well with known sections of the Biya terrace in the vicinities of Biysk city and Staraya Azhinka village. Results of deposits correlation, radiocarbon and optically simulated luminescence (OSL) dating reveal that the fluvial unit of the Biya terrace was accumulated by an enormous glacier-dammed lake outburst megaflood that traveled along the Biya River valley *ca.* 50–45 ka, during the first half of the interglacial MIS 3 stage. This was followed by the formation of the subaerial cover of the upper part of the terrace. For a long time up to 14.5 ka, dammed lakes existed in the tributaries of the Biya River that were blocked by giant bars. The good convergence of results of radiocarbon and OSL dating indicates that under proper control of the bleaching degree of quartz grains megaflood sands are usable for determination of the ages of large hydrological events. Dating the fluvial unit of the Biya terrace is important since it represents a regional stratigraphic marker that enables the correlation of Upper Pleistocene deposits of the Gorny Altai and the Fore-Altai Plain.

**Keywords:** Upper Pleistocene, megaflood, OSL dating, <sup>14</sup>C dating, terrace, Biya River, Gorny Altai, Fore-Altai Plain

## ACKNOWLEDGMENTS

Studies of travertines and radiocarbon dating were carried out within the framework of the state assignment of the IPGG SB RAS (project FWZZ-2022-0001).

## REFERENCES

- Adamenko O.M. (1967). Osnovnye zakonomernosti geologicheskogo razvitiya Kulundinskoi vpadiny (Main regularities of the geological development of the Kulunda Basin). PhD thesis. Novosibirsk: Novosibirsk. Gos. Un-t (Publ.). 39 p. (in Russ.)
- Adamenko O.M. (1974). Mezozoi i kaynozoi Stepnogo Altaya (Mesozoic and Cenozoic of the Steppe Altai). Novosibirsk: Nauka. Sib. Otdelenie (Publ.). 168 p. (in Russ.)
- Adamenko O.M., Kazakov P.E., Kanopa V.V. (1962). On the age of the Biysk terrace. *Vestnik Zapadno-Sibirskogo i Novosibirskogo geologicheskogo upravleniya*. № 3. P. 32–38. (in Russ.)
- Arkipov S.A. (1971). Chetvertichnyi period v Zapadnoi Sibiri (Quaternary period in Western Siberia). Moscow: Nauka (Publ.). 331 p. (in Russ.)
- Arkipov S.A. (1973). Stratigraphy and geochronology of terraces and buried valleys in the Upper Ob Basin. In: *Pleistotsen Sibiri i smezhnykh oblastei*. Moscow: Nauka (Publ.). P. 7–21. (in Russ.)
- Babin G.A. (Ed.). (2007). Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. (2007). Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Altaye-Sayanskaya. List N-45 – Novokuznetsk (State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Altai-Sayan series. Sheet N-45 – Novokuznetsk). Sankt-Peterburg: Kartfabrika VSEGEI (Publ.). 3 p. (in Russ.)
- Babin G.A., Gusev N.I., Yuriev A.A. et al. (2007). Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Altaye-Sayanskaya. List N-45 – Novokuznetsk. Ob'yasnitel'naya zapiska (State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000, 3rd Series: Altai-Sayan series. Sheet N-45 – Novokuznetsk. Explanatory note). Sankt-Peterburg: Kartfabrika VSEGEI (Publ.). 665 p. (in Russ.)
- Baryshnikov G.Y. (1976). Morphology and loose deposits of the Biya river valley. In: *Questions of geomorphology of the Altai Territory*. Leningrad: Geograficheskoe obshchestvo SSSR (Publ.). P. 14–17. (in Russ.)
- Baryshnikov G.Y. (1992). Razvitie rel'efa perekhodnykh zon gornyykh stran v kainozoe (na primere Gornogo Altaya) (Development of the relief of transitional zones of mountainous countries in the Cenozoic (on the example of Gorny Altai). Tomsk: TGU (Publ.). 182 p. (in Russ.)
- Baryshnikov G.Y. (2012). Rel'ef perekhodnykh zon gornyykh stran (Relief of transitional zones of mountainous regions). Barnaul: Altaiskii gosudarstvennyi universitet (Publ.). 499 p. (in Russ.)
- Baryshnikov G., Panin A., Adamiec G. (2016). Geochronology of the late Pleistocene catastrophic Biya debris flow and the Lake Teletskoye formation, Altai Region, Southern Siberia. *Int. Geology Rev.* V. 58. Iss. 14. P. 1780–1794. <https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1062733>
- Butvilovsky V.V. (1985). Catastrophic discharges of waters of ice-dammed lakes of the South-Eastern Altai and their traces in the relief. *Geomorfologiya*. № 1. P. 65–74. (in Russ.)
- Butvilovskii V.V. (1993). Paleogeografiya poslednego oledeneniya i golotsena Altaya: sobytiino-katastroficheskaya model' (The Late Glacial and Holocene paleogeography of Altai: an event-catastrophic model). Tomsk: TGU (Publ.). 253 p. (in Russ.)
- Carling P.A., Kirkbride A.D., Parnachov S. et al. (2002). Late Quaternary catastrophic flooding in the Altai Mountains of south-central Siberia: a synoptic overview and introduction to flood deposit sedimentology. Martini I.P., Baker V.R., Garzon G. (Eds.). In: *Flood and Megaflood Processes and Deposits: Recent and Ancient Examples, Special Publication 32 of the IAS*. Oxford: Blackwell Science. P. 17–35. <https://doi.org/10.1002/9781444304299.ch2>

<sup>1</sup>For citation: Rusanov G.G., Deev E.V., Shpansky A.V. (2024). Determining the age of the megaflood event in the Biya River valley (Altai) through the study of high terrace deposits near Karabinka village. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. V. 55. № 4. P. 42–57. (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2949178924040044>; <https://elibrary.ru/FGYQDI>

- Carling P.A., Martini I.P., Herget J. et al. (2009). Megaflood sedimentary fill: Altai mountains, Siberia. Burr D.M., Carling P.A., Baker V.R. (Eds.). In: *Megaflooding on Earth & Mars*. CUP. P. 243–264.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511635632.013>
- Deev E., Turova I., Borodovskiy A. et al. (2019). Large earthquakes in the Katun Fault zone (Gorny Altai): Paleoseismological and archaeoseismological evidence. *Quat. Sci. Rev.* V. 203. P. 68–89.  
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.11.009>
- Deev E.V., Zolnikov I.D., Bortodovsky A.P. et al. (2012). Neotectonics and paleoseismicity of the lower Katun' valley (Gorny Altai). *Russian Geology and Geophysics*. V. 53. P. 883–894.  
<https://doi.org/10.1016/j.rgg.2012.07.004>
- Deev E.V., Zolnikov I.D., Lobova E.Yu. (2015). Late Pleistocene–Holocene coseismic deformations in the Malyi Yaloman River valley (Gorny Altai). *Russian Geology and Geophysics*. V. 56. P. 1256–1272.  
<https://doi.org/10.1016/j.rgg.2015.08.003>
- Durcan J.A., King G.E., Duller G.A.T. (2015). DRAC: Dose Rate and Age Calculator for trapped charge dating. *Quat. Geochronology*. V. 28. P. 54–61.  
<https://doi.org/10.1016/j.quageo.2015.03.012>
- Fedak S.I., Gusev A.I., Turkin Yu.A. et al. (2018). Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Gorno-Altayskaya. List N-45-KHKHXIII (Krasnogorskoe). Ob"yasnitel'naya zapiska (State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:200 000. Second edition. Gorny Altai series. Sheet N-45-XXXIII (Krasnogorsk). Explanatory note). Moscow: Moskovskii filial FGBU "VSEGEI" (Publ.) 140 p. (in Russ.)
- Kirillov A.S., Sentsova V.F. (1945). Geology of the area of conjugation of the Salair, the central part of the Neninsk-Chumysh Basin and the western of Gornaya Shoria. *Otchet o rabotakh Solonskoi geologo-s'emochnoi partii v yuzhnoi chasti lista N-45-XXVII v 1944 g.* Novosibirsk. 131 p. (in Russ.)
- Kuzmin A.M. (1929). Materials for the dismemberment of the ice age in the Kuznetsk-Altai region. *Izvestiya Zapadno-Sibirskogo otdela Geologicheskogo komiteta*. V. 8. Iss. 2. 62 p. (in Russ.)
- Maloletko A.M. (1963). Neotectonics of the Pre-Altai part of Western Siberia. In: *Novye dannye po geologii i poleznym iskopaemykh Altaiskogo kraya*. Novosibirsk. P. 19–22. (in Russ.)
- Maloletko A.M. (1972). Paleogeografiya predaltaiskoi chasti Zapadnoi Sibiri v mezozoye i kainozoye (Paleogeography of the Pre-Altai part of Western Siberia in the Mesozoic and Cenozoic). Tomsk: TGU (Publ.). 227 p. (in Russ.)
- Moskvitin A.I. (1960). Experience in applying a unified stratigraphic scheme to the Quaternary deposits of Western Siberia. *Trudy GIN AN SSSR*. V. 2. P. 11–36. (in Russ.)
- Murray A.S., Wintle A.G. (2003). The single aliquot regenerative dose protocol: Potential for improvements in reliability. *Radiation Measurements*. V. 37. P. 377–381  
[https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(03\)00053-2](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(03)00053-2)
- Musaev A.M., Pervukhin O.V., Bozhukha A.P. et al. (2010). Otchet po rabotam za 2007–2010 gg. Maloeniseiskoe. Otchet po rabotam za 2007–2010 gg. Tom 1. (Exploration for brown coal within the Shaburovskaya area (Altai Territory). Report on work for 2007–2010. Vol. 1). Maloeniseiskoe. 224 p. (in Russ.)
- Neshumaeva K.D., Bessonenko V.V. (1955). Otchet Biiskoi partii za 1954 g. po geologicheskoi s"emke masshtaba 1:200000 severnoi chasti lista N-45-XXXIII (Report of the Biysk party for 1954 on the geological survey at a scale of 1:200000 of the northern part of sheet N-45-XXXIII). Novosibirsk. 248 p. (in Russ.)
- Panin A.V., Baryshnikov G.Y., Deev E.V. et al. (2021). Geomorphological and sedimentological data to refining the chronology of the Altai megafloods. In: *Puti evolyutsionnoi geografii: Materialy II Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati professora A.A. Velichko (g. Moskva, 22-25 noyabrya 2021 g.)*. Moscow: Institut geografii RAN (Publ.). P. 822–825. (in Russ.)
- Panychev V.A. (1979). Radiouglerodnaya khronologiya allyuvial'nykh otlozhenii Predaltaiskoi ravniny (Radiocarbon chronology of alluvial deposits of the Pre-Altai Plain). Novosibirsk: Nauka. (Publ.). 103 p. (in Russ.)
- Parnachev S.V. (1999). Geologiya vysokikh altaiskikh terras (Yalomano-Katun'skaya zona) (Geology of high terraces in the Altai (Yaloman-Katun' Zone). Tomsk: IPF TPU (Publ.). 137 p. (in Russ.)
- Parvitskaya N.I. (1948). Otchet Togul'skoi geologicheskoi partii za 1947 god (Report of the Togul Geological Party for 1947). Novosibirsk. 118 p. (in Russ.)
- Ragozin L.A. (1948). About the ratio of terraces of the Central Altai and foothills in the Katun River system. *Trudy II Vsesoyuznogo geograficheskogo s"ezda*. V. 2. P. 188–192. (in Russ.)
- Reimer P., Austin W.E.N., Bard E. et al. (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*. V. 62. Iss. 4. P. 725–757.  
<https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Reuther A.U., Herget J., Ivy-Ochs S. et al. (2006). Constraining the timing of the most recent cataclysmic flood event from ice-dammed lakes in the Russian Altai Mountains, Siberia, using cosmogenic in situ <sup>10</sup>Be. *Geology*. V. 34. P. 913–916.  
<https://doi.org/10.1130/G22755A.1>
- Rudoy A.N., Zemtsov V.A. (2010). New data on modeling the hydraulic characteristics of late Quaternary diluvial flows from the Chuya and Kurai ice-dammed lakes in Altai. *Led i sneg*. № 1. P. 111–118. (in Russ.)
- Rusanov G.G. (2007). Oзера i paleogeografiya Severnogo Altaya v pozdnem neopleystotsene i golotsene (Lakes and paleogeography of Northern Altai in the Late Pleistocene and Holocene). Biysk: GOU VPO BPGU (Publ.). 164 p. (in Russ.)
- Rusanov G.G., Karabitsina E.A. (2018). Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:200 000 (izdanie vtoroe). Altaiskaya seriya. List N-45-XXXIII (Krasnogorskoye). Karta chetvertichnykh obrazovaniy (State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:200 000 (second edition). Altai series. Sheet N-45-

- XXXIII (Krasnogorsk). Map of Quaternary deposits). Moscow: Moskovskii filial FGBU "VSEGEI" (Publ.) 1 p. (in Russ.)
- Rusanov G.G., Kolpakova E.A. (2021). Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:200 000 (izdanie vtoroe). Kuzbasskaya seriya. List N-45-XXVII (Solton). Karta paleogen-chetvertichnykh obrazovaniy (State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:200 000 (second edition). Kuzbass series. Sheet N-45-XXVII (Salton). Map of Paleogene-Quaternary deposits). St. Petersburg: Kartfabrika VSEGEI (Publ.). 1 p. (in Russ.)
- Rusanov G.G., Orlova L.A. (2013). Radiouglerodnye datirovki (SOAN) Gornogo Altaya i Predaltayskoi ravniny: katalog (Radiocarbon dating (SOAN) of the Altai Mountains and the Pre-Altai Plain: a catalogue). Biysk: FGBOU VPO AGAO (Publ.). 291 p. (in Russ.)
- Rusanov G.G., Deev E.V., Ryapolova Y.M. et al. (2013). Paleohydrothermal activity of faults in the Gornyy Altai based on travertine dating. In: *Geology and Mineral Resources of Siberia*. V. 4(16). P. 53–64. (in Russ.)
- Schukina E.N. (1960). Patterns of distribution of Quaternary deposits and their stratigraphy in the territory of Altai. *Trudy GIN AN SSSR*. V. 26. Moscow: AN SSSR (Publ.). P. 127–164. (in Russ.)
- Shpansky A.V. (2018). Chetvertichnye krupnye mlekopitayushchie Zapadno-Sibirskoi ravniny: usloviya obitaniya i stratigraficheskoe znachenie (Quaternary large mammals of the West Siberian Plain: habitat conditions and stratigraphic significance). Doctor of science thesis. Tomsk. 313 p. (in Russ.)
- Svitoch A.A., Boyarskaya T.D., Voskresenskaya T.N. et al. (1978). Razrez noveishikh otlozhenii Altaya (opornye razrezy noveishikh otlozhenii) (Section of the latest deposits of Altai (reference sections of the latest deposits). Moscow: MGU (Publ.). 208 p. (in Russ.)
- Zhivago A.V. (1949). Experience in the application of the schlich method in the morphological analysis of the Biya Valley (Altai). *Trudy Instituta Geografii AN SSSR*. V. 39. P. 115–122. (in Russ.)
- Zolnikov I.D. (2008). Stratotypes of quaternary deposits of the Yaloman-Katun' zone (Gornyy Altai). *Russian Geology and Geophysics*. V. 49. P. 682–691.  
<https://doi.org/10.1016/j.rgg.2007.09.021>
- Zolnikov I.D. (2009). Neopleistocene glacial megafloods in Gornyy Altai and their relationship with the evolution of sediments and relief of the West Siberian Plain. *Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*. № 69. P. 59–70. (in Russ.)
- Zolnikov I.D., Deev E.V., Kotler S.A. et al. (2016). New results of OSL dating of Quaternary sediments in the Upper Katun' valley (Gornyy Altai) and adjacent area. *Russian Geology and Geophysics*. V. 57. P. 933–943.  
<https://doi.org/10.1016/j.rgg.2015.09.022>
- Zolnikov I.D., Deev E.V., Nazarov D.V. et al. (2015). Comparative analysis of megaflood deposits and alluvium of the Chuya and Katun' river valleys (Gornyy Altai). *Russian Geology and Geophysics*. V. 56. P. 1162–1172.  
<https://doi.org/10.1016/j.rgg.2015.07.007>
- Zolnikov I.D., Kurbanov R.N., Deev E.V. et al. (2021). Biya terrace as an analogue of the superflood Saldzhar strata of Altai mountains. In: *Puti evolyutsionnoi geografii: Materialy II Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati professora A.A. Velichko (g. Moskva, 22–25 noyabrya 2021 g.)*. Moscow: Institut geografii RAN (Publ.). P. 789–791. (in Russ.)
- Zolnikov I.D., Mistryukov A.A. (2008). Chetvertichnye otlozheniya i rel'ef dolin Chui i Katuni (Quaternary sediments and terrain in the Chuya and Katun valleys). Novosibirsk: Parallel (Publ.). 184 p. (in Russ.)