

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.8

doi: 10.17223/25421379/37/1

ВЕРХНЕЧЕТВЕРТИЧНЫЙ АЛЛОВИЙ ТУВИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ И ЕГО ВЗАИМООТНОШЕНИЯ С ВМЕЩАЮЩИМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

Иван Дмитриевич Зольников¹, Егор Алексеевич Филатов²,
Алексей Михайлович Клементьев³, Екатерина Андреевна Бордюгова⁴,
Надежда Владимировна Глушкова⁵, Артур Тимурович Джуманов⁶, Иван Сергеевич Фетисов⁷



^{1, 2, 4, 5, 6, 7} *Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия*

^{1, 4, 5} *Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия*

³ *Институт земной коры, Иркутск, Россия*

⁶ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия*

¹ *zol@igm.nsc.ru*

² *egorphylatov@gmail.com*

³ *klem-al@yandex.ru*

⁴ *bordyugovaea@igm.nsc.ru*

⁵ *hope@igm.nsc.ru*

⁶ *dzhumanov-97@mail.ru*

⁷ *i.fetisov1@g.nsu.ru*

Аннотация. В Тувинской котловине террасы с Верхнего Енисея высотами более 10 м сложены суперпаводковыми валунниками с глыбами, валунно-галечниками, параллельно слоистыми пескодресвяниками. Аллювиальными являются отложения низкой поймы и террасы высотой до 10 м над урезом Енисея. Это косо- и мульдообразно слоистые гравийно-галечники, галечники русловой фации, а также пойменные пески, алевропески, алевроиты. Аллювий сформировался после гляциального суперпаводка эпохи последнего ледникового максимума.

Ключевые слова: Тувинская котловина, аллювий, суперпаводки, плейстоцен

Источник финансирования: исследования выполнены за счет средств Российского научного фонда, проект РНФ 22-17-00140.

Для цитирования: Зольников И.Д., Филатов Е.А., Клементьев А.М., Бордюгова Е.А., Глушкова Н.В., Джуманов А.Т., Фетисов И.С. Верхнечетвертичный аллювий Тувинской котловины и его взаимоотношения с вмещающими отложениями // Геосферные исследования. 2025. № 4. С. 7–17. doi: 10.17223/25421379/37/1

Original article

doi: 10.17223/25421379/37/1

THE UPPER QUATERNARY ALLUVIUM OF THE TUVAN BASIN AND ITS RELATIONSHIP WITH THE HOST SEDIMENTS

Ivan D. Zolnikov¹, Egor A. Filatov², Alexey M. Klementyev³, Ekaterina A. Bordyugova⁴,
Nadezhda V. Glushkova⁵, Artur T. Dzhumanov⁶, Ivan S. Fetisov⁷

^{1, 2, 4, 5, 6} *V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS,*

Novosibirsk, Russia

^{1, 4, 5} *Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*

³ *Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Irkutsk, Russia*

⁶ *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

¹ *zol@igm.nsc.ru*

² *egorphylatov@gmail.com*

³ *klem-al@yandex.ru*

⁴ *bordyugovaea@igm.nsc.ru*

⁵ *hope@igm.nsc.ru*

⁶ *dzhumanov-97@mail.ru*

⁷ *i.fetisov1@g.nsu.ru*

Abstract. The alluvium of the Tuvan basin forms a floodplain terrace and the first floodplain terrace up to 10 m high above the Yenisei River. River sediments have typical textural and structural characteristics. The riverbed facies is represented by

obliquely layered and multilayered gravel and pebbles. The floodplain facies is represented by sands, aleuropes, siltstones. The higher terraces of the Yenisei are composed of boulders with boulders, boulders, and parallel layered sand dunes. The height of these terraces above the Yenisei is on average about 30-40 m. However, in some cases, the platforms of high terraces reach a height of 100 m above the Yenisei. On the surface of these high terraces, fields of boulders and macro-ridges composed of boulders, pebbles and gravel are often localized. According to their textural and structural features, the deposits of high terraces are fundamentally different from the alluvium of the Yenisei. Photographs and graphic images of typical geological sections confirm this. We have studied more than 100 coastal outcrops and quarries on the territory of the basin. The most representative of these sections are shown on the map of the actual material. The alluvium of a mountain river, such as the Yenisei in the area of the Tuva basin, cannot include layers composed of blocks of 2-5 m in size, up to a maximum of 10 m. The average speeds of the Yenisei during the spring flood are 3.0-3.5 m/sec. However, the fields of such boulders on the surface of high terraces total hundreds of thousands of km² in the Kyzyl Basin. Ridges on the surface of high terraces often exceed 1 km in length. At the same time, the current width of the modern Yenisei riverbed in the Tuva basin is usually no more than 0.5 km. These deposits are formed by megafludes from the Darkhad glacial-underground lake in Mongolia. The powerful strata of super-flood sands and sand dunes served as a source for the formation of Aeolian deposits. Aeolian sands often lie in a subaerial cover with a thickness of the first meters on the sites of high terraces, and are also distributed at a distance of many tens of kilometers outside the terraces of the Yenisei. The sediments of the floodplain and the first floodplain terrace of the Yenisei in this area cannot be the source of such an extensive and sufficiently powerful Aeolian cover. The river deposits of the floodplain and the first floodplain terrace were formed after the glacial superflow of the epoch of the last glacial maximum. This is confirmed by the generalization of data on radiocarbon dating of archaeological sites of the Upper Paleolithic at the outlet of the Sayan Canyon and in the Minusinsk basins of the Middle Yenisei. The age of Paleolithic monuments in this territory usually does not exceed 20 thousand years. The older river deposits of the Yenisei are either blocked by the thickness of the megaflud or destroyed by denudation.

Keywords: Tuvan basin, alluvium, mega-floods, Pleistocene

Source of financing: the study was supported by the Russian Science Foundation, the project RSF 22-17-00140

For citation: Zolnikov I.D., Filatov E.A., Klementyev A.M., Bordyugova E.A., Glushkova N.V., Dzhumanov A.T., Fetisov I.S. (2025). The Upper Quaternary alluvium of the Tuvan basin and its relationship with the host sediments. *Geosferye issledovaniya – Geosphere Research*. 4. pp. 7–17. doi: 10.17223/25421379/37/1

Введение

Территорией исследований является магистральная долина от выхода Малого Енисея из гор в Тувинскую котловину и до входа Верхнего Енисея в Саянский каньон (рис. 1). Живейший интерес в этом районе у многих исследователей всегда вызывали площадки террас, на которых распространены гряды и поля глыб. Происхождение этих объектов ранее трактовалось как ребристая морена [Борисов, Минина, 1980], но сейчас большинством авторов гряды, сложенные песком, гравием, гальками, валунами (гранулометрический состав гряд варьируется в зависимости от скорости течения воды при аккумуляции) на поверхности террас в Тувинской котловине интерпретируются как гигантская рябь течения, а глыбы на площадках этих террас как перлювий по ковру волочения гляциальных суперпаводков [Аржанникова и др., 2014; Зольников и др., 2021; Arzhannikov et al., 2023].

Исключением является сравнительно новая точка зрения, согласно которой отложения высоких террас изучаемого района являются аллювием [Гладышева, Назаров, 2020]. Отметим, что в Тувинской котловине, согласно [Arzhannikov et al., 2023], вдоль долины Верхнего Енисея выделяется несколько уровней террасовых площадок, связанных с суперпаводками: 100 м, 40–50 м, 30 м, 18–20 м, 12–14 м; при этом

утверждается, что уровень мегапаводков, приходивших сюда в результате прорывов озерно-ледниковых бассейнов котловины Дархад, превышал современный уровень Енисея на 100 м.

Поскольку основное внимание предшественниками уделялось особенностям рельефа, то отложения суперпаводков для данной территории изучены в единичных разрезах, где описаны параллельно слоистые дресвянистые пески, пескодресвяники, нередко превышающие по мощности 10 м, и валунно-галечники с глыбами. Генезис пойменной террасы ни у кого никогда не вызывал вопросов. Что же касается отложений террасы высотой до 8 м, то детально они фактически не исследовались.

Предлагаемая статья посвящена изучению собственно аллювиальных отложений, слагающих низкие террасовые поверхности высотой менее 10 м, на поверхности которых отсутствуют следы суперпаводков в виде гигантской ряби течения и полей глыб, а также сравнению текстурно-структурных характеристик этого аллювия и отложений, слагающих высокие террасы, поскольку сторонниками речного происхождения террас априорно подразумевается, что все террасы имеют одинаковое происхождение. Кроме того, до конца не ясным остается источник покрова эоловых песков, широко распространенных в котловине, так как площадь перевеянных отложений в несколько раз превышает площадь, занимаемую речными отложениями.

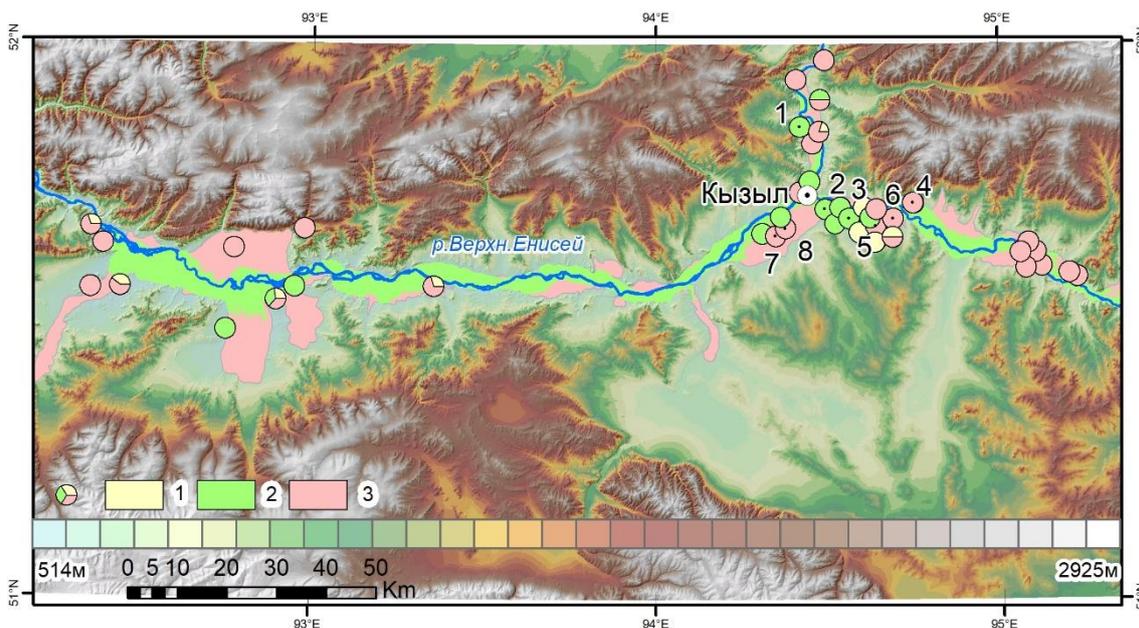


Рис. 1. Территория исследований

1 – эоловые отложения; 2 – аллювиальные отложения; 3 – катафлювиальные отложения

Fig. 1. Research area

1 – aeolian deposits; 2 – alluvial deposits; 3 – catafluvial deposits

Значительность объёма перевеянных песков [Arzhannikov et al., 2023] ставит под сомнение предположение о том, что отложения поймы и первой надпойменной террасы являлись основным источником их формирования. В связи с вышеизложенным понятна значимость сравнения особенностей геологического строения аллювия, слагающего первую террасу, и отложений, слагающих более высокие надпойменные террасы.

Фациальный состав и текстурно-структурные характеристики отложений первой надпойменной террасы

Береговые обнажения Верхнего Енисея, в которых вскрывается аллювий, редки, так как прирусловые обрывы обычно задернованы или закрыты осыпями и обвальными отложениями. Обследование территории при помощи космических снимков высокого разрешения (интернет-ресурс Google Earth) позволило найти серию естественных и искусственных обнажений аллювия, местоположение которых показано на рисунке 1. Наиболее представительные геологические разрезы описаны для отложений, слагающих первую надпойменную террасу высотой 4–6 м над уровнем Енисея, которая подвергается подтоплению с периодичностью в среднем десять лет и где распо-

ложена значительная часть жилой застройки г. Кызыл. На этой территории в 2024 г. удалось детально изучить серию карьеров для добычи ПГС, а также канав глубиной от 2 до 4 м, выкопанных в связи с прокладкой труб городской теплоцентрали. Приведём описание наиболее типичных из этих разрезов (рис. 2).

Кара-Харский карьер глубиной 3 м у восточного подножия горы Догээ (т.н. № 1 на рис. 1; рис. 2, а). Правый берег Енисея. Северная окраина г. Кызыл. I НПТ. N = 51,84495°; E = 94,44597°. Восточная стенка. Сверху вниз от бровки вскрыты:

0,0–0,8 м. Слой 1. Светло-палевый алеврит песчаный, участками опесчаненный до алевропеска с нечётко выраженной фрагментарной субгоризонтальной параллельной тонкой и мелкой слоистостью. Местами фиксируются мелкие линзы и прерывистые прослойки с песком, гравием и мелкой галькой. Кровля нарушена антропогенной деятельностью. Нижний контакт ровный, чёткий, резкий. Почва на кровле отсутствует. Мощность от 0,5 до 0,8 м. Пойменный аллювий.

0,8–3,0 м. Слой 2. Серые гравийники, гравийно-галечники, галечники. Слоистость косая и мультислойная. Встречаются маломощные (до 20 см толщиной) линзы и прослойки песка. Подошва не вскрыта. Видимая мощность 2,0 м. Русловый аллювий.

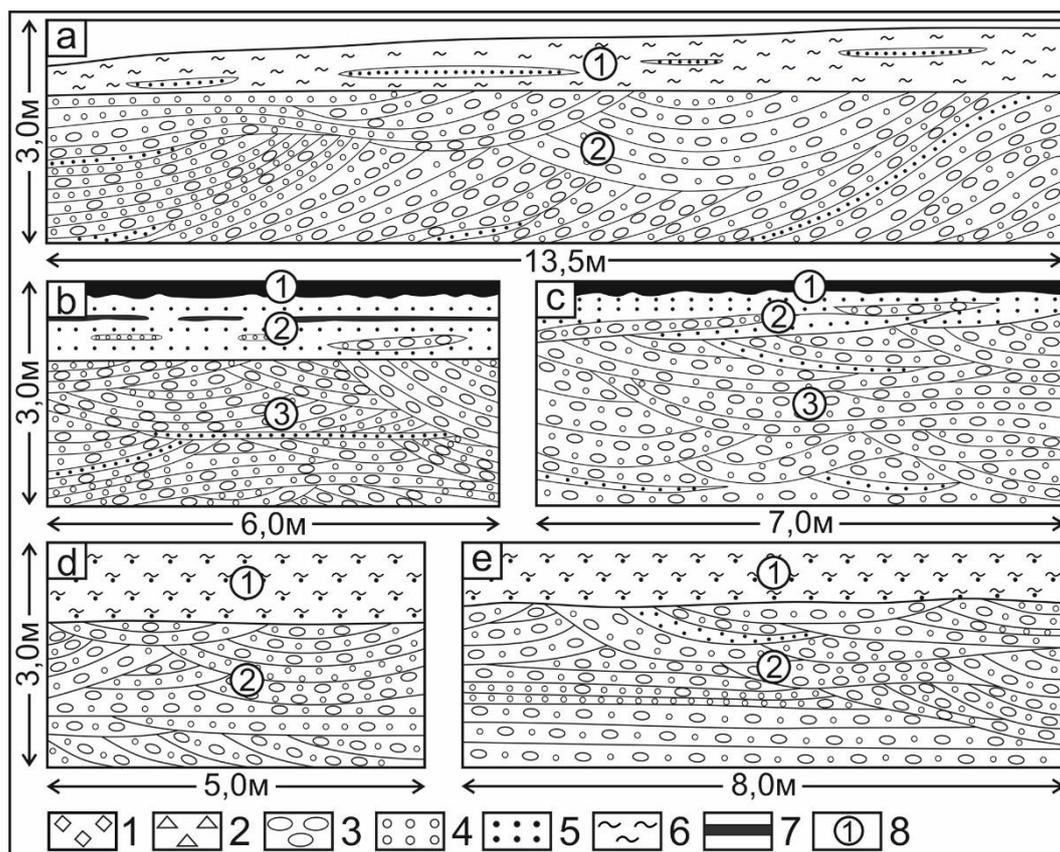


Рис. 2. Разрезы отложений I надпойменной террасы

1 – щебень; 2 – дресва; 3 – валуны и галька; 4 – гравий; 5 – песок; 6 – алеврит; 7 – почва; 8 – номера слоев

Fig. 2. Sections of sediments of the I above-floodplain terrace

1 – crushed stone; 2 – gravel; 3 – boulders and pebbles; 4 – gravel; 5 – sand; 6 – siltstone; 7 – soil; 8 – layer numbers

Канавы Кызыл – 1. Фрагмент южной стенки. (№ 2 на рис. 1; рис. 2, с). В 10 м к югу от северной стенки. Сверху вниз от бровки вскрыты:

0,0–0,2 м. Слой 1. Тёмно-серая современная почва. Мощность 0,2 м.

0,2–0,7 м. Слой 2. Светло коричневого с желтоватым оттенком песок среднезернистый хорошо промытый. Слоистость субгоризонтально параллельная тонкая. На уровне от 0,7 до 0,3 м от кровли – прослой гравийно-галечника толщиной 0,2 м. Общая мощность слоя 0,7 м. Пойменный аллювий.

0,7–3,0 м. Слой 3. Серый гравийно-галечник песчаный с редкими мелкими валунчиками. Галька от мелкой до крупной с преобладанием средней. Окатанность хорошая. Слоистость косая и полого линзовидная. На двух уровнях маломощные прослои светло-серого песка: 0,5 и 2,7 м от кровли галечника. Подошва не вскрыта. Видимая мощность всего слоя 2,3 м. Русловый аллювий.

Канавы Кызыл – 2. Фрагмент северной стенки. (№ 2 на рис. 1; рис. 2, d). Город Кызыл. Левый берег р. Малый Енисей. I НПТ. Канавы для теплоцентрали

глубиной до 3 м. Координаты: N = 51,70619°; E = 94,53690°. Сверху вниз от бровки вскрыты:

0,0–1,0 м. Слой 1. Светло-коричневый с палевым оттенком алевропесок не слоистый. Кровля техногенно денудирована. Мощность 1,0 м. Пойменный аллювий.

1,0–3,0 м. Слой 2. Серый гравийно-галечник песчаный с редкими мелкими валунчиками. Галька от мелкой до крупной с преобладанием средней. Окатанность хорошая. Слоистость мультислойная, косая, параллельная. Подошва не вскрыта. Видимая мощность всего слоя 2,0 м. Русловый аллювий.

Канавы Кызыл – 5. Фрагмент восточной стенки (№ 3 на рис. 1; рис. 2, e). Город Кызыл. Левый берег р. Малый Енисей. I НПТ. Канавы для теплоцентрали глубиной до 3 м. Координаты: N = 51,69608°; E = 94,56244°. Сверху вниз от бровки вскрыты:

0,0–0,8 м. Слой 1. Светло-коричневый с палевым оттенком алевропесок не слоистый. Кровля техногенно денудирована. Мощность 0,8 м. Пойменный аллювий.

0,8–3,0 м. Слой 2. Серый гравийно-галечник песчаный с редкими мелкими валунчиками. Галька от мелкой до крупной с преобладанием средней. Окатанность хорошая. Слоистость мульдобразная, косая, параллельная. В прикровельной части прослой светло-серого песка толщиной 10–20 см. Подошва слоя не вскрыта. Видимая мощность всего 2,2 м. Русловый аллювий.

Разрезы, показанные на рис. 2, являются вполне представительными и отражают типовые текстурно-структурные особенности аллювиальных отложений в других изученных разрезах района, местоположение которых указано на рис. 1. На всех пяти изображениях отражены русловые гравийно-галечники и пойменные пески, алевропески, алевриты с текстурами, типичными для аллювия. Обращает на себя внимание тот факт, что отложения пойменной фации, завершающие аллювиальные разрезы, фактически не превышают метр по мощности (см. рис. 2, а–с). Субаэральный покров фактически отсутствует, вероятно, содраный при застройке территории. Следует также учитывать, что до строительства защитных дамб, защищающих г. Кызыл, его территория подтапливалась аномальными весенними паводками с периодичностью примерно раз в 10 лет, что способствовало аллювиальной переработке субаэрального покрова. Максимальный весенний паводок высотой 862 см за все время инструментальных измерений для г. Кызыл наблюдался 26.03.2005 (по данным, опубликованным на официальном интернет-сайте г. Кызыл). Таким образом, I терраса фактически является высокой поймой, что объясняет отсутствие значительных по мощности субаэральных отложений на её поверхности.

Фациальный состав и текстурно-структурные характеристики отложений, слагающих средние террасы с площадками выше 10 м над Енисеем

Отложения средних террас с высотами более 10 м над бечевником Енисея вскрываются фрагментарно в эрозионных окнах, а также значительными обнажениями в действующих карьерах на ПГС (песчано-гравийные смеси). Один из наиболее представительных разрезов расположен на участке рядом с тыловым швом средней террасы на правом берегу р. Малый Енисей.

Карьер-1 (№ 4 на рис. 1; рис. 3, а). Правый берег р. Малый Енисей. У тылового шва НПТ с высотой 682 м над уровнем моря и 45 м над урезом реки. Координаты: N = 51,71431°; E = 94,74860°. Сверху вниз от бровки вскрыта однообразная толща, представленная субгоризонтально параллельным мелким и тонким переслаиванием серых щебенников с галькой и светло-коричневых дресвяников с алевритовыми

прослоями. В толще встречаются как отломы, так и валуны. Слоистость хорошо выражена, прослеживается на расстояние более 20 м по горизонтали. Внутрiformационных перерывов и угловых несогласий не наблюдается, а также криогенных клиньев, кротовин, эфемерных палеопочв. Доминирование неокатанного материала по сравнению с дальнепринесным объясняется тем, что разрез находится на участке террасы, примыкающей к борту долины, который сложен литифицированными палеозойскими породами. Окатанный материал (валунчики, галька, гравий) характеризуются разнообразным петрографическим составом, а не окатанный (отломы, щебни, дресва) – однородным (местным). Видимая мощность параллельно слоистых отложений достигает 16 м. Отложения, вскрывающиеся непосредственно в уступах средних террас у тылового шва I террасы, содержат больше хорошо окатанных обломков.

Карьер-2 (№ 5 на рис. 1; рис. 3, б). Левый берег р. Малый Енисей. Средняя НПТ с высотой 650 м над уровнем моря и 20 м над урезом реки. Координаты: N = 51,68403°; E = 94,62315°. Карьер на ПГС. Сверху вниз от бровки вскрыты:

0,0–2,2 м. Слой 1. Светло-серый песок косослоистый. За пределами отрисованного фрагмента обнажения песок становится полого наклонным и в нем появляются два прерывистых гумусированных прослоя эфемерных палеопочв толщиной до 10 см. Общая мощность слоя 2,2 м. Перевеянные пески.

2,2–4,1 м. Слой 2. Светло-серый субгоризонтально параллельно тонко слоистый пескодресвяник без алевритовой и пелитовой примесей. Слоистость прослеживается на десятки метров по горизонтали. Нижний контакт ровный резкий, эрозионного типа, с угловым несогласием срезающий текстуру нижележащих отложений. Мощность слоя 3,9 м. Отложения взвешенного наноса суперпаводка.

4,1–12,9 м. Слой 3. Серый наклонно параллельно слоистый (под углом до 40–50°) валунно-галечник. В 2 м от кровли прослой тонко параллельно слоистого пескодресвяника толщиной до 1,7 м, выклинивающийся из-за срезания валунно-галечником. Нижний контакт ровный резкий, эрозионного типа, с угловым несогласием срезающий текстуру нижележащих отложений. В левой части обнажения подчёркнут прослоем параллельно тонко слоистого пескодресвяника толщиной около 0,5 м, который в правой части разреза выклинивается. Мощность 8,8 м. Отложения влекомого наноса суперпаводка.

12,9–14,1 м. Слой 4. Серый полого наклонно параллельно слоистый (под углом до 20°) валунно-галечник. Подошва не вскрыта. Видимая мощность около 1,2 м. Отложения влекомого наноса суперпаводка.

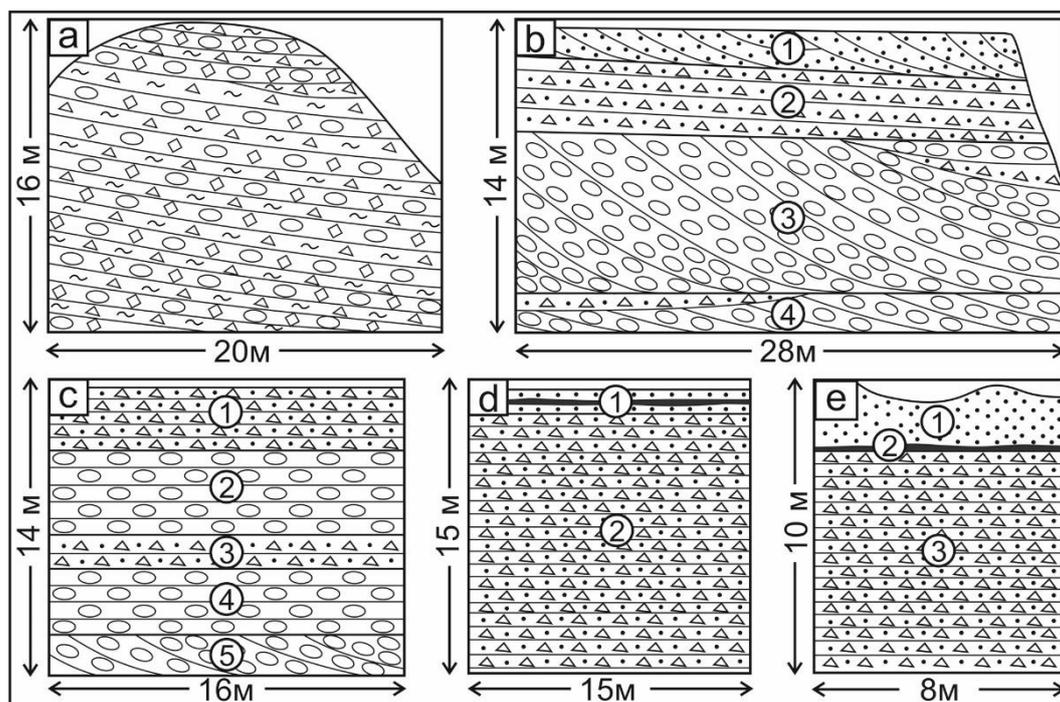


Рис. 3. Отложения, слагающие террасы с относительной высотой более 8 м

Условные обозначения на рис. 2

Fig.3. Sediments composing terraces with a relative height of more than 8 m

Symbols in Fig. 2

Карьер-3 (№ 6 на рис. 1; рис. 3, c). Левый берег р. Малый Енисей. Средняя НПТ с высотой 641 м над уровнем моря и 7 м над урезом реки. Координаты: N = 51,68579°; E = 94,68999°. Карьер на ПГС. Сверху вниз от бровки вскрыты:

0,0–3,6 м. Слой 1. Светло-серый субгоризонтально параллельно тонко слоистый пескодресвяник без алевритовой и пелитовой примесей. Слоистость прослеживается на десятки метров по горизонтали. Нижний контакт ровный резкий. Мощность слоя 3,6 м. Отложения взвешенного наноса суперпаводка.

3,6–7,1 м. Слой 2. Серый субгоризонтально параллельно слоистый валунно-галечник. Нижний контакт ровный резкий. Мощность 3,5 м. Отложения влекомого наноса суперпаводка.

7,1–8,9 м. Слой 3. Светло-серый субгоризонтально параллельно слоистый пескодресвяник. Нижний контакт ровный резкий. Мощность около 1,8 м. Отложения взвешенного наноса суперпаводка.

8,9–12,1 м. Слой 4. Серый субгоризонтально параллельно слоистый валунно-галечник. Мощность около 3,2 м. Отложения влекомого наноса суперпаводка.

12,1–14,0 м. Слой 5. Серый наклонно параллельно слоистый валунно-галечник. Мощность около 1,9 м. Отложения влекомого наноса суперпаводка.

Карьер-4 (№ 7 на рис. 1; рис. 3, d). Левый берег р. Малый Енисей. Средняя НПТ с высотой 645 м над уровнем моря и 35 м над урезом реки. Координаты: N = 51,67245°; E = 94,34653°. Карьер на ПГС. Сверху вниз от бровки обнажены:

0,0–1,8 м. Слой 1. Светло-серый песок тонко параллельно волнисто слоистый. В средней части прослой маломощной палеопочвы толщиной 0,2 м. Общая мощность слоя 1,8 м. Переветанный песок.

1,8–15 м. Слой 2. Светло-серый субгоризонтально параллельно тонко слоистый пескодресвяник без алевритовой и пелитовой примесей. Слоистость прослеживается на десятки метров по горизонтали. В толще пескодресвяника наблюдаются редкие, субгоризонтальные цепочки галек. На дне карьера лежит несколько окатанных глыб 1,5–3 м в поперечнике. Подошва не вскрыта. Видимая мощность толщи около 13 м. Отложения взвешенного наноса суперпаводка.

Карьер-5 (№ 8 на рис. 1; рис. 3, e). Левый берег р. Малый Енисей. Средняя НПТ с высотой 642 м над уровнем моря и 32 м над урезом реки. Координаты: N = 51,67546°; E = 94,34985°. Карьер на ПГС. Сверху вниз от бровки обнажены:

0,0–2,1 м. Слой 1. Светло-серый песок тонко параллельно волнисто слоистый. Кровля неровная за счет

чего меняется мощность слоя. Слоистость тонкая плохо выраженная. Подошва ровная, резкая. Мощность слоя до 2,1 м. Переветанный песок.

2,1–2,3 м. Слой 2. Палеопочва толщиной 0,2 м.

2,3–10 м. Слой 3. Светло-серый субгоризонтально параллельно тонко слоистый пескодресвяник без алевритовой и пелитовой примесей. Слоистость прослеживается на десятки метров по горизонтали. В толще пескодресвяника наблюдаются редкие субгоризонтальные цепочки галек. Подошва не вскрыта. Видимая мощность слоя около 8 м. Отложения взвешенного наноса суперпаводка.

Разрезы, показанные на рис. 3, являются вполне представительными и отражают типовые текстурно-структурные особенности суперпаводковых отложений в других изученных разрезах района, местоположение которых приведено на рис. 1. На всех пяти изображениях рис. 3 отражены валунно-галечники и пескодресвяники с преимущественно параллельной слоистостью, что является характерной текстурной особенностью для суперпаводковых отложений. Косая слоистость в валунно-галечниках, показанная на рис. 3, *b* на порядок превышает по размерам косую слоистость, типичную для аллювия. Сравним более детально отложения первой и более высоких террас.

Обсуждение результатов

Ранее нами уже было проиллюстрировано сходство толщи, слагающей высокие террасы в Тувинской впадине, с отложениями суперпаводков в долинах Чуи и Катуня [Зольников и др., 2021]. Однако в открытой печати появились высказывания о том, что для отложений террас Тувинской котловины типичны хорошая окатанность материала, мощности отложений, соотносимые с нормальной мощностью аллювия, архитектура фаций и др. признаки, указывают на их речное, а не суперпаводковое происхождение [Гладышева, Назаров, 2020]. Как видно из геологических разрезов на рис. 2, 3, архитектура фаций, мощности, текстурно-структурные особенности отложений, слагающих первую террасу, и отложений, слагающих более высокие террасы, кардинальным образом отличаются. Рассмотрим эти отличия более подробно.

Прежде всего, обращает на себя внимание тот факт, что доминирующей текстурой для отложений высоких террас района является параллельная слоистость. Согласно современным представлениям о специфике делювиального морфолитогеоза [Парначев, 1999; Рудой, 2005; Carling, 2013; Зольников и др., 2021], параллельная слоистость в мощных пескодресвяниках считается индикатором обстановки формирования взвешенного наноса в гигантском гляциальном селе (дресвянные обломки переносятся в толще

воды без соударений и поэтому не окатываются), а в грубообломочных толщах – признаком фации гладкого дна, когда скорость влекомого наноса существенно превышает порог, при котором формируются гряды и дюны. Следует особо подчеркнуть, что песчаные отложения характерны только для двух фаций обычного горного аллювия: пойменной и подпруживания [Чистяков, 1978]. При этом пойменные отложения, как правило, обладают небольшой толщиной, а более мощные подпрудные отложения являются фактически проточно-озерными и образуются в результате обвальных запруд или перемычек. Следы обвально-подпрудных процессов в обсуждаемом районе отсутствуют. При изучении разрезов первой террасы района для слоёв пойменных алевритов, алевропесков и песков наблюдается небольшая мощность, как это и характерно для горного аллювия (см. рис. 2, *a–e*). Что же касается разрезов более высоких террас, то в них наряду с маломощными песчаными прослоями встречаются в несколько раз более мощные слои, сложенные крупно-среднезернистыми песками и пескодресвяниками (см. рис. 3, *b–e*). При этом слоистость у таких пескодресвяников в сечениях параллельных Енисею прослеживается субгоризонтально на многие десятки и сотни метров по горизонтали см. (рис. 3, *d, e*), что является типичным именно для суперпаводковых отложений. Согласно [Аржанникова и др., 2014], мощные пески высоких террас в данном районе обычно приурочены к зонам перед сужениями долины, к периферийным частям устьев боковых притоков и к выходам из узких участков долины в ее широкие части, что согласуется именно с суперпаводковым происхождением.

Аллювий и суперпаводковые образования существенно отличаются и по гранулометрическому составу. Для руслового аллювия типичны гравийно-галечники (рис. 4, *a, b*), а для влекомого наноса суперпаводков характерны валунно-галечники с параллельной или макрокосой слоистостью (рис. 4, *c*), а также глыбовники (рис. 4, *d*). Слои глыбовников мощностью до 6–7 м препарируются на поверхностях высоких террас, формируя обширные поля глыбового перлювия, которые в данном районе по площади существенно превышают сотню квадратных километров. Глыбы находятся в нескольких километрах от ближайших скальных выходов палеозойских пород, что исключает их обвальное происхождение и имеют разнообразный петрографический состав, что говорит об их дальнем приносе. Изучение петрографического состава крупных обломков, найденных на поверхности высоких террас, показало, что перемещение хорошо окатанных валунов размером 0,5–1 м могло происходить на расстояние более 100 км [Arzhannikov et al., 2023].

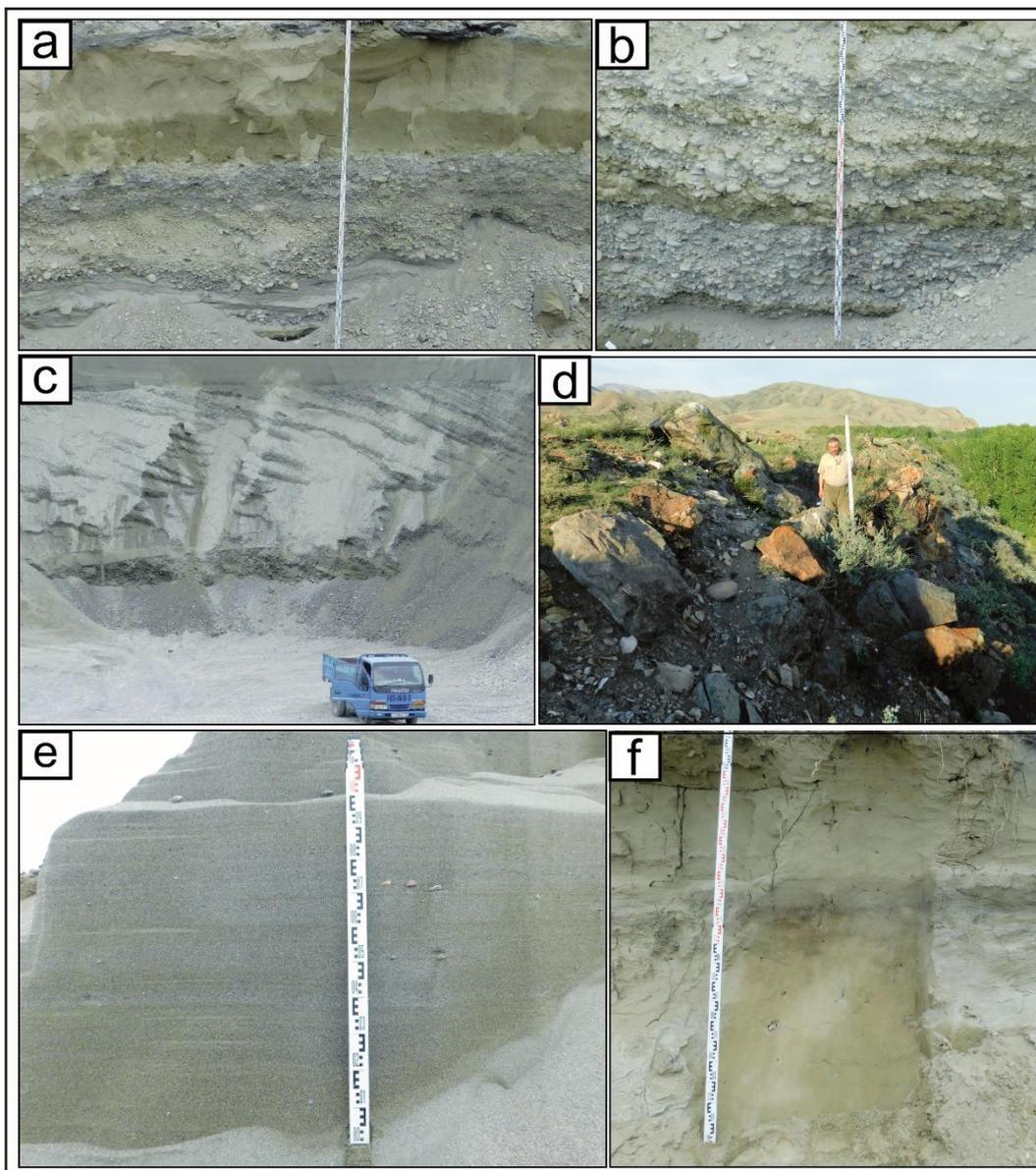


Рис. 4. Фотографии отложений

a – прослой пойменного алевропеска в русловом гравийно-галечнике; b – косая слоистость в аллювиальном гравийно-галечнике; c – макрослоистость во влекомом наносе суперпаводка; d – глыбовники, по которым формируется глыбовый перлювий на поверхности высоких террас; e – параллельная слоистость пескодресвяников взвешенного наноса суперпаводка; f – эоловые пески с палеопочвой на поверхности высокой террасы

Fig. 4. Photos of sediments

a – the interlayer of the floodplain silt sand in the riverbed gravel-pebbles; b – oblique layering in the alluvial gravel-pebbles; c – macro layering in the entrained sediment of the mega flow; d – boulders, along which the blocky perluvium is formed on the surface of high terraces; e – parallel layering of the sand dunes of the suspended sediment of the mega flow; f – Aeolian sands with paleosol on the surface of a high terrace

Согласно материалам обоснования генерального плана г. Кызыл [Генеральный..., 2022], во время половодья ширина Енисея 0,4–2,2 км, средняя глубина в русле 8–10 м. Средние скорости в паводок 3,0–3,5 м/с. Дно реки каменисто-галечное, местами песчано-галечное. Глыбы на площадках высоких террас достигают размеров в поперечнике 2, 3, 5 м и более.

Иногда встречаются каменные глыбы размером до 8–10 м. Очевидно, что никакое половодье этой горной реки не имеет силы для переноса таких больших глыб и в таком большом количестве и тем более не могло формировать слои глыбовников. Следует также отметить, что гряды гигантской ряби максимально достигают по высоте 6–8 м, а длиной превышают 500 м

[Arzhannikov et al., 2023]. Эти гряды образуют обширные поля на террасах суммарной шириной по обоим берегам от 2 до 8 км (в среднем 4 км); при том, что ширина русла Енисея в Тувинской котловине не более 0,5 км. На то, что площадки высоких террас обрабатывались водным потоком одновременно, указывает максимум дат позднечетвертичного возраста по космогенному бериллию, который получен при отборе проб с глыб на больших высотах над уровнем реки [Arzhannikov et al., 2023]. На наш взгляд, вышеперечисленные факты противоречат рассуждениям о нормальной мощности аллювия и об архитектуре фаций типичной для речных отложений. Умозрительные предположения о том, что в прошлом для аллювия верхнего Енисея были характерны специфические условия формирования, неубедительны. Если в прошлом имели место эпизоды, когда поток воды заполнял по ширине не только русло и пойму реки, но всю долину реки и покрывал поверхности высоких террас, то такой поток не может быть назван рекой, так как по объему воды он не может быть не чем иным, как гигантским селем. Вряд ли можно объяснить такой гигантский поток воды чем-либо кроме опорожнения Дархадского подпрудного озера.

Таким образом, приведённые данные иллюстрируют принципиальные различия текстурно-структурных характеристик речных отложений, слагающих I террасу, и суперпаводковых отложений, слагающих более высокие террасы Верхнего Енисея. Что же касается более древнего аллювия, то в геологических разрезах высоких террас не были встречены отложения, похожие по текстурно-структурным характеристикам и архитектуре фаций на отложения первой

террасы. Вероятно, более древний аллювий либо уничтожен последним суперпаводком, либо погребён его отложениями. О том, что енисейская толща может состоять из нескольких разновозрастных генераций суперпаводков, свидетельствует, в частности, наличие двух седиментационных циклов в карьере № 3. Возраст последнего суперпаводка региона может быть определен с учетом наиболее древних дат из археологических памятников в долине Верхнего Енисея. Обобщение имеющихся в открытой печати данных по радиоуглеродному датированию объектов верхнего палеолита по Майнинским стоянкам [Васильев, 1996] и стоянкам, локализованным в Койбальской степи [Зольников и др., 2024], показало, что возраст археологических памятников на этой территории не превышает 20 тыс. лет. Этот возрастной рубеж можно принять как время прохождения последнего гляциального суперпаводка и начало формирования отложений I надпойменной террасы Верхнего Енисея.

Мощные толщи суперпаводковых песков и пескодресвяников послужили источником для формирования перфляционных отложений, которые нередко залегают субаэральным покровом толщиной первые метры на площадках высоких террас (см. рис. 4, f). Золовые пески также распространены и на расстоянии многих десятков километров за пределами долины Верхнего Енисея, покрывая сниженные придолинные поверхности горного обрамления. На рис. 5 показана принципиальная схема взаимоотношений аллювиальной толщи с вмещающими отложениями.

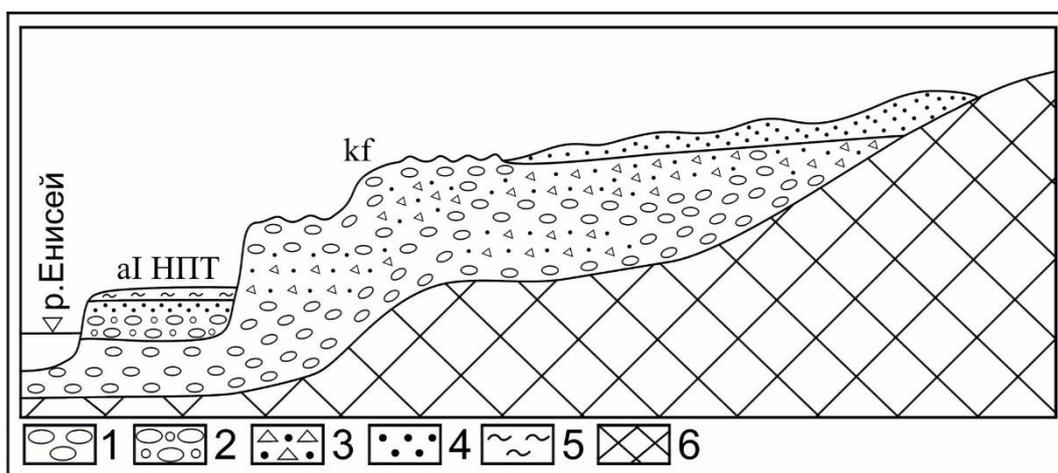


Рис. 5. Схема взаимоотношений аллювиальной толщи с вмещающими отложениями

1 – валунно-галечники; 2 – гравийно-галечники; 3 – пескодресвяники; 4 – пески; 5 – алевриты; 6 – дочетвертичные породы палеозоя; aI NPT – отложения первой надпойменной террасы; kfII – средние террасы, сложенные верхнеенисейской катафлювиальной (суперпаводковой) толщей

Fig. 5. The scheme of the relationship of the alluvial strata with the host sediments

1 – boulder rocks; 2 – gravel rocks; 3 – sand dunes; 4 – sands; 5 – siltstones; 6 – pre-Quaternary rocks of the Paleozoic; aI NPT – deposits of the first above-floodplain terrace; kfII – middle terraces composed of the Upper Yenisei catafluvial (mega flood) thickness diagrams, V – magnetization decay curves (tilt system). Planes: 1 – horizontal, 2 – vertical; hemispheres: 3 – lower, 4 – upper

Заключение

Подытоживая вышесказанное, следует подчеркнуть, что в Тувинской котловине аллювиальными являются отложения, слагающие низкую пойму и террасу высотой до 8 м над урезом Енисея. Они представлены косо- и мульдообразно слоистыми гравийногалечниками, галечниками, русловой фации, а также маломощными слоями и линзами пойменных песков, алевропесков, алевритов. В геологических разрезах более высоких террас вскрываются суперпа-

водковые глыбовники, валунники с глыбами, валунно-галечники и пескодресвяники с преимущественно параллельной, а также с макродиагональной слоистостью. Поверх суперпаводковой толщи залегает эоловый покров, сформированный за счёт перевевания мощных пачек пескодресвяников. Формирование аллювия происходило после прохождения гляциального суперпаводка, завершившего эпоху последнего ледникового максимума. Более древние речные отложения либо перекрыты верхнеенисейской суперпаводковой толщей, либо уничтожены суперпаводковой денудацией.

Список источников

- Аржанникова А.В., Аржанников С.Г., Акулова В.В., Данилова Ю.В., Данилов Б.С. О происхождении песчаных отложений в Южно-Минусинской котловине // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 10. С. 1495–1508. doi: 10.15372/GiG20141004
- Борисов Б.А., Минина Б.А. Ребристые основные морены гор Южной Сибири и их значение для стратиграфии и палеогеографии плейстоцена // Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. М. : Наука, 1980. С. 21–24.
- Васильев С.А. Поздний палеолит Верхнего Енисея (по материалам многослойных стоянок района Майны). СПб. : Центр «Петербургское востоковедение», 1996. 224 с.
- Генеральный план городского округа «Город Кызыл республики Тува». Т. II: Материалы по обоснованию генерального плана. Кызыл, 2022. 368 с. URL: https://mkyzyl.ru/gen_plan_Kyzyl/general_plan.php
- Гладышева А.С., Назаров Д.В. Четвертичные отложения Серлигхемской, Тувинской и Чуйской котловин (республики Тува и Алтай): предварительные результаты полевых работ 2020 г. // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2020. Вып. 7. С. 278–280. doi: 10.24411/2687-1092-2020-10745
- Зольников И.Д., Выборнов А.В., Киргинеков Э.Н., Грачёв И.А., Филатов Е.А., Данильсон Д.А., Рогозин Д.Е. Суперпаводковые отложения верхнего неоплейстоцена Койбалской степи (Минусинская котловина) // Геосферные исследования. 2024. № 1. С. 26–39. doi: 10.17223/25421379/30/2
- Зольников И.Д., Новиков И.С., Деев Е.В., Шпанский А.В., Михаревич М.В. О фациальном составе и стратиграфическом положении четвертичной верхнеенисейской толщи в Тувинской и Минусинской впадинах // Геология и геофизика. 2021. Т. 62, № 10. С. 1377–1390. doi: 10.15372/GiG2020186
- Парначев С.В. Геология высоких алтайских террас (Яломано-Катунская зона). Томск : Изд-во ИПФ ТПУ, 1999. 137 с.
- Рудой А.Н. Гигантская рябь течения (история исследований, диагностика, палеогеографическое значение). Томск : Изд-во ТГПУ, 2005. 224 с.
- Чистяков А.А. Горный аллювий. М. : Недра, 1978. 287 с.
- Arzhannikov S., Arzhannikova A., Braucher R., Komatsu G. Darhad megaflood (southern Siberia): Cause, age and consequence // Quaternary International. 2023. P. 1–21. doi: 10.1016/j.quaint.2022.10.002
- Carling P.A. Freshwater megaflood sedimentation: What can we learn about generic processes? // Earth Sci. Rev. 2013. V. 125. P. 87–113. doi: 10.1016/j.earscirev.2013.06.002

References

- Arzhannikova A.V., Arzhannikov S.G., Akulova V.V., Danilova Y.V., Danilov B.S. The origin of sand deposits in the South Minus basin // *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics]. 2014. V. 55, No. 10. pp. 1495–1508. In Russian. doi: 10.15372/GiG20141004
- Borisov B.A., Minina B.A. *Rebristye osnovnye moreny gor Yuzhnoy Sibiri i ikh znachenie dlya stratigrafii i paleogeografii pleystotsena* [Ribbed basic moraines of the mountains of Southern Siberia and their significance for the stratigraphy and paleogeography of the Pleistocene] // *Chetvertichnaya geologiya i geomorfologiya. Distantionnoe zondirovanie*. Moscow : Nauka. 1980. pp. 21–24. In Russian
- Vasil'ev S.A. *Pozdnyi paleolit Verkhnego Eniseya (po materialam mnogosloynnykh stoyanok rayona Mayny)* [Late Paleolithic of the Upper Yenisei (based on materials from multilayered sites in the Maina region)]. St. Petersburg: Tsentr «Peterburgskoe vostokovedenie». 1996. 224 p. In Russian
- General'nyy plan gorodskogo okruga «Gorod Kyzyl respubliki Tuva». Tom. II. Materialy po obosnovaniyu general'nogo plana*. [Master plan of the urban district "City of Kyzyl, Republic of Tuva". Volume II. Materials for substantiating the master plan] Kyzyl. 2022. 368 p. Internet resource: https://mkyzyl.ru/gen_plan_Kyzyl/generalplan.php In Russian
- Gladysheva A.S., Nazarov D.V. *Chetvertichnye otlozheniya Serligkhemskey, Tuvinkey i Chuyskey kotlovin (respubliki Tuva i Altay): predvaritel'nye rezul'taty polevykh rabot 2020 g.* [Quaternary deposits of the Serlighem, Tuva, and Chuya basins (Tuva and Altai Republics): preliminary results of field work in 2020] // *Rel'ef i chetvertichnye obrazovaniya Arktiki, Subarktiki i Severo-Zapada Rossii*. Vypusk 7. 2020. pp. 278–280. In Russian
- Zol'nikov I.D., Vybornov A.V., Kirginekov E.N., Grachev I.A., Filatov E.A., Danil'son D.A., Rogozin D.E. *Superpavodkovyye otlozheniya verkhnego neopleystotsena Koybal'skoy stepi (Minusinskaya kotlovina)* // *Geosfernye issledovaniya – Geosphere Research*. 2024. 1. pp. 26–39. In Russian

Zol'nikov I.D., Novikov I.S., Deev E.V., Shpansky A.V., Mikharevich M.V. Facies composition and stratigraphic position of the quaternary upper Yenisei sequence in the Tuva and Minusa depressions // *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics]. 2021. V. 62, No. 10. pp. 1377–1390. doi: 10.15372/GiG2020186. In Russian

Parnachev S.V. *Geologiya vysokikh altayskikh terras (Yalomano-Katun'skaya zona)* [Geology of the high Altai terraces (Yaloman-Katun zone)]. Tomsk, Izd-vo IPF TPU. 1999. 137 p. In Russian

Rudoy A.N. *Gigantskaya ryab' techeniya (istoriya issledovaniy, diagnostika, paleogeograficheskoe znachenie)* [Giant ripple current (history of research, diagnostics, paleogeographic significance)]. Tomsk: Izd-vo TGPU. 2005. 224 s. In Russian

Chistyakov A.A. *Gornyy allyuviiy*. Moscow: Nedra, 1978. 287 p. In Russian

Arzhannikov S., Arzhannikova A., Braucher R., Komatsu G. *Darhad megaflood (southern Siberia): Cause, age and consequence* // *Quaternary International*. 2023. pp. 1–21. doi: 10.1016/j.quaint.2022.10.002

Carling P.A. *Freshwater megaflood sedimentation: What can we learn about generic processes?* // *Earth Sci. Rev.* 2013. V. 125. pp. 87–113. doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.06.002

Информация об авторах:

Зольников И.Д., доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН; профессор, Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

E-mail: zol@igm.nsc.ru

Филатов Е.А., инженер, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия.

E-mail: egorphylatov@gmail.com

Клементьев А.М., кандидат географических наук, научный сотрудник, Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия.

E-mail: klem-al@yandex.ru

Бордюгова Е.А., лаборант, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия; магистрант, геолого-геофизический факультет, Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

E-mail: bordyugovaea@igm.nsc.ru

Глушкова Н.В., кандидат технических наук, научный сотрудник, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН; доцент, Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

E-mail: hope@igm.nsc.ru

Джуманов А.Т., младший научный сотрудник, лаборатория континентальных экосистем мезозоя и кайнозоя, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия; лаборант, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия.

E-mail: dzhumanov-97@mail.ru

Фетисов И.С., инженер, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия.

E-mail: i.fetisov1@g.nsu.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Zol'nikov I.D., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Researcher, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS; professor, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia.

E-mail: zol@igm.nsc.ru

Filatov E.A., Engineer, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia.

E-mail: egorphylatov@gmail.com

Klementyev A.M., Cand. Sci. (Geography), Researcher, Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Irkutsk, Russia.

E-mail: klem-al@yandex.ru

Bordyugova E.A., Laboratory Assistant, V.S. Sobolev Institute of Geology and mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia; Master's student, Faculty of Geology and Geophysics, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia.

E-mail: bordyugovaea@igm.nsc.ru

Glushkova N.V., Cand. Sci. (Technique), Researcher, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS; Associate Professor, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

E-mail: hope@igm.nsc.ru

Dzhumanov A.T., Junior Researcher, Laboratory of Continental Ecosystems of the Mesozoic and Cenozoic, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia; Laboratory Assistant, VS Sobolev Institute of Geology and mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia.

E-mail: dzhumanov-97@mail.ru

Fetisov I.S., Engineer, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia.

E-mail: i.fetisov1@g.nsu.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 02.10.2024; одобрена после рецензирования 14.01.2025; принята к публикации 30.10.2025

The article was submitted 02.10.2024; approved after reviewing 14.01.2025; accepted for publication 30.10.2025