

КАТАФЛЮВИАЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ В ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ИСТОРИИ
СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

УДК 551.89→551.435.4(-924/-925)

DOI: 10.31857/S2949178924040014, EDN: FHCGIW

ПРОБЛЕМА МЕГАПАВОДКОВ И КАТАФЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
В ПОНИМАНИИ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ИСТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ
(ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ)[#]

© 2024 г. Е. В. Деев^{1,*}, И. Д. Зольников^{2,**}, Р. Н. Курбанов^{3,4,***}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия

²Институт геологии и минералогии имени В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

³Институт географии РАН, Москва, Россия

⁴Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, Москва, Россия

*E-mail: deev1@yandex.ru

**E-mail: zol@igm.nsc.ru

***E-mail: roger.kurbanov@gmail.com

Поступила в редакцию 15.06.2024 г.

После доработки 20.08.2024 г.

Принята к публикации 25.09.2024 г.

Прошло уже более 100 лет с тех пор, как американский геолог Джон Харлен Бретц предложил гипотезу о наличии на северо-западе США скэблэнда — территории, испытавшей на себе в прошлом воздействие катастрофического водного потока, начинавшегося на окраине позднелайстоценового Кордильерского ледникового щита (Bretz, 1923). Но лишь спустя 40–50 лет после продолжительных дебатов идея существования сформировавших североамериканский скэблэнд множественных позднелайстоценовых катастрофических потоков при прорыве ледниково-подпрудного оз. Миссула получила широкое научное признание (Baker, 1981; Baker, Bunker, 1985). Столь длительная история объясняется тем, что миссульские паводки не имеют современных аналогов: в современную эпоху и в историческое время столь мощные водные потоки на континентах неизвестны. “Классическим” регионом развития катастрофических водных потоков (йокульлаупов) является Исландия, где большие объемы воды образуются при быстром таянии ледников, которые провоцируются вулканической и вулкано-термальной деятельностью. Ближайшим историческим примером такого грандиозного события являлся поток, образовавшийся

при подледном извержении в кальдере вулкана Катла 12 октября 1918 г. Максимальный расход потока из воды, обломочного материала и льда по оценкам составил более 300×10^3 м³/с (Tomasson, 1996), но это на порядок величин меньше по сравнению с миссульскими паводками.

Континентальные водные потоки с расходами более 10^6 м³/с предложено называть мегапаводками, от приставки “мега” — в Международной системе измерения физических величин означющей “миллион” (Baker, 2002). К настоящему моменту геологические свидетельства четвертичных мегапаводков, связанные с таянием континентальных ледяных щитов или альпийских ледников, зафиксированы на обширных пространствах Северной Америки и Евразии, на юге Южной Америки и в Исландии (Baker, 2013). В северной части Евразии последствия мегапаводковых событий наиболее полно изучены в горных районах юга Сибири (Komatsu et al., 2016). По большей части они связаны здесь с прорывами средне-позднелайстоценовых ледниково- и моренно-подпрудных озер.

Одним из мировых эталонов гидросферных катастроф стали мегапаводки Горного Алтая. Они формировались при прорыве ледниково-подпрудных озер, располагавшихся в Чуйской, Курайской, Уймонской и Телецкой внутригорных котловинах. Эрозионные и аккумулятивные формы суперпаводковых ландшафтов достаточно подробно описаны в основных речных долинах Чуи, Катуня и Бии, равно как и в пределах

[#] Ссылка для цитирования: Деев Е.В., Зольников И.Д., Курбанов Р.Н. (2024). Проблема мегапаводков и катафлювиальных отложений в понимании четвертичной истории Северной Евразии (от редколлегии). *Геоморфология и палеогеография*. Т. 55. № 4. С. 5–12. <https://doi.org/10.31857/S2949178924040014>; <https://elibrary.ru/FHCGIW>

опорожняемых при резком сбросе воды котловин (Бутвиловский, 1993; Baker et al., 1993; Rudoy, Baker, 1993; Grosswald, Rudoy, 1996; Rudoy, 2002; Herget, 2005; Baryshnikov et al., 2016). Детально проанализированы фациальные последовательности мегапаводковых (катафлювиальных) серий (Зольников, 2008, Зольников, Деев, 2013; Деев и др., 2012, 2013; Carling, 1996, 2013; Carling et al., 2002). На примере алтайских объектов в 2015 и 2017 гг. проведены международные полевые экскурсии Russian Altai in the Late Pleistocene and the Holocene: Geomorphological catastrophes and landscape rebound под эгидой International Association of Geomorphologists (Baryshnikov et al., 2015) и The 14th International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia (Krivonogov et al., 2017). Получаемые в последние годы современными методами (оптически-стимулированной люминесценции, включая rock surface luminescence, радиоуглеродного датирования с применением методики ускорительной масс-спектрометрии, ^{10}Be -датирования) массивы радиометрических возрастов катафлювиальных, подстилающих и перекрывающих их осадочных последовательностей, коррелятных озерных и ледниковых отложений показали, что мегапаводки в Горном Алтае характерны не только для последней ледниковой эпохи плейстоцена, но и для более древних оледенений и холодных подстадий межледниковий (Зольников и др., 2016; Агатова и др., 2023; Herget, 2005; Reuther et al., 2006; Baryshnikov et al., 2015, 2016; Deev et al., 2019; Herget et al., 2020; Semikolennykh et al., 2022; Svistunov et al. 2022). Выполнены оценки гидравлических параметров мегапаводковых потоков, и проведено динамическое моделирование процессов их реализации (Herget, 2005; Bohorquez, 2016, 2019). Расчеты показали, что пиковый расход водного потока мог достигать 10.5 млн $\text{м}^3/\text{с}$, его скорость составляла 30 м/с, а глубина — более 300 м. Показано, что паводковые потоки больших объемов могли также возникать в долине Катунь при спусках обвально-подпрудных позднеплейстоценовых озер (Деев и др., 2018; Deev et al., 2019).

Другим регионом южного горного обрамления Сибири, где достаточно хорошо изучены геолого-геоморфологические эффекты позднечетвертичных мегапаводков, является Тува. Источником тувинских мегапаводков служили воды ледниково-подпрудного озера, находившегося в Дархатской впадине Северной Монголии. Показано, что мегапаводки, прошедшие по долине Малого Енисея, сформировали хорошо узнаваемые эрозион-

ные формы и фациальные последовательности катафлювиальных толщ, поля гигантской ряби течения на различных ее участках и в Тувинской котловине, крупную наземную дельту на юге Южно-Минусинской котловины (Grosswald, Rudoy, 1996; Аржанникова и др., 2014; Зольников и др., 2021; Komatsu et al., 2009; Batbaatar, Gillespie, 2016a,b; Arzhannikov et al., 2023). Максимальные расходы паводков могли достигать $3.5 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ (Komatsu et al., 2009). Эрозионные и аккумулятивные формы, которые могут быть связаны с четвертичными йокульлаупами, выявлены на Азасском плато (Komatsu et al., 2007).

В Восточной Сибири международной командой исследователей реконструировано три гляциальных мегапаводка, возникших при прорывах ледниково-подпрудного оз. Витим за последние 60 тыс. лет. Мегапаводки прошли по р. Витим и Лена до дельты последней. Наиболее значительный паводок достигал объема 3000 км^3 , глубина потока оценена в 120–150 м, его средняя скорость — в 21 м/с, пиковый расход — в 4.0–6.5 млн $\text{м}^3/\text{с}$ (Margold et al., 2018). Еще один мегапаводок на р. Лене мог стать следствием оползневого мегацунами на оз. Байкал (Ivanov et al., 2016).

Территории, подвергшиеся воздействию средне-позднеплейстоценовых мегапаводков, не ограничивались только горными районами и прилегающими частями равнин. Они могли получить широкое распространение в результате масштабных движений водных масс из крупных озер, подпрудами для которых служили северные покровные ледники. Такие мегапаводки реконструируются на обширных пространствах севера Центральной Европы, Фенноскандии, центральной части Восточно-Европейской равнины, Западно-Сибирской равнины и в Арало-Каспийско-Черноморском регионе (см. обзоры в Зольников, 2004; Astakhov, 2006; Komatsu et al., 2016; Panin et al., 2020).

Таким образом, представления о катастрофических паводках в мировой геологической литературе, прежде всего англоязычной, уже более полувека являются общепринятой классикой. Для зарубежных исследователей гляциальные суперпаводки в долинах рр. Чуи и Катунь, Енисея, Витима не представляются чем-либо экзотическим, а являются объектом научного изучения. Однако среди отечественных исследователей до сих пор широко распространено убеждение, что представление о гляциальных суперпаводках — это пока всего лишь экстравагантная гипотеза. Некоторые геологи скептически относятся даже к самой возможности проявления столь масштабных гидрокатастроф, другие, не отрицая саму возможность гляциальных суперпаводков, утверждают, что та-

кие катастрофические потоки могли производить только эрозионно-денудационную деятельность, не оставляя после себя никаких отложений. Возможно, это обусловлено тем, что в российских учебниках по четвертичной геологии долгое время фактически без существенных изменений тиражировалась классификация генетических типов четвертичных отложений Е.В. Шанцера, в которой катафлювиальные образования отсутствуют. Исключением является учебник В.И. Астахова (2020). К сожалению, до сих пор для многих отечественных исследователей остаются неизвестными большие массивы фактического материала по геоморфологической, литоседиментационной, геохронометрической характеристикам образований гигантских гляциальных паводков прошлого, а также глубоко проработанные различными научными коллективами результаты гидролого-геологического моделирования гляциогидрологических катастроф.

Тем не менее за десятилетия, последовавшие за пионерными трудами первооткрывателей (Г.Я. Барышникова, В.В. Бутвиловского, М.Г. Гросвальда, А.Н. Рудого) гляциальных суперпаводков на территории Сибири, были получены новые данные. Прежде всего, были найдены геологические свидетельства катастрофических потоков не только в горах, но и на юге Западно-Сибирской равнины. Стало очевидным, что отложения, выделявшиеся ранее классиками четвертичной геологии Сибири как “перигляциальный аллювий”, “половодно-гляциальный аллювий” являются суперпаводковыми образованиями. При этом самым удивительным фактом является то, что эти отложения неоднократно описывались, картировались и рассматривались как образования, кардинальным образом отличающиеся от типично межледникового аллювия.

Следующий этап исследования катафлювиальных отложений и форм рельефа в горах и на равнинах северной Евразии должен быть ориентирован, прежде всего, на выяснение хронологии мегапаводковых событий и на выявление реальных взаимоотношений катафлювиальных образований с аллювиальными, озерными и субаэральными отложениями. Все это даст возможность провести глубокую ревизию существующих стратиграфических схем. Высокоэнергетичные потоки, распространяясь на большие пространства, “мгновенно” преобразуют рельеф ледниковых, перигляциальных внеледниковых зон, формируют специфические формы эрозионного и аккумулятивного рельефа. За короткое время происходит накопление со скоростями, много превышающими известные значения для лавинной седиментации, мощных

толщ отложений, обладающих узнаваемой фациальной архитектурой. Следовательно, катафлювиальные толщи являются уникальными узкими хроностратиграфическими реперами, которые могут быть использованы для расчленения и корреляции четвертичных отложений на огромных территориях. Первые шаги в этом направлении были сделаны в 2018 г., когда в Новосибирске на совещании, организованном четвертичной секцией Сибирской региональной межведомственной стратиграфической комиссии межведомственного стратиграфического комитета, было принято решение о включении в стратиграфическую схему четвертичной системы Алтае-Саянского региона двух паводковых толщ применительно к территории Горного Алтая.

В представляемом разделе “Катафлювиальные события в четвертичной истории Северной Евразии” на примере обширной территории Северной Евразии, включая Западно-Сибирскую равнину, Горный Алтай, Западный и Восточный Саяны, рассмотрены актуальные данные о геоморфологической выраженности катафлювиальной формации, о следах эрозионной деятельности гигантских гляциальных селей, диагностике их отложений и строении ключевых разрезов катафлювиала. Существенное внимание уделено методам датирования мегапаводковых (катафлювиальных) событий и их хронологии. Рассмотрены вопросы существования разнотипных озерных бассейнов, служивших источником вод. Приведены новые данные о стратиграфии и хронологии коррелятных катафлювиальным отложениям ледниковых и озерных образований, возрасте подстилающих и перекрывающих их толщ.

Из публикуемых пяти статей две посвящены анализу мегапаводковых событий в долине Енисея. В работе **С.Г. Аржанникова и соавторов (2024)** приводятся новые геолого-геоморфологические данные и результаты ^{10}Be -датирования, показывающие связь истории Дархатского ледниково-подпрудного палеоозера в Северной Монголии с двумя позднеплейстоценовыми мегапаводковыми событиями в долине Малого Енисея (Каа-Хема). В свою очередь, в статье **И.Д. Зольникова и соавторов (2024а)** обосновываются стратиграфическая и геохронологическая позиции трех катафлювиальных толщ, являющихся следами мегапаводковых событий конца среднего-позднего плейстоцена на Среднем Енисее, включая участки его долины в пределах Южно- и Северо-Минусинских впадин, Батеневского и Красноярского краев, юга Чулымской равнины. Во второй статье **И.Д. Зольникова с соавторами (2024б)** на основе ревизии опубликованных материалов о геологиче-

ском строении, генезисе и истории формирования отложений, выполняющих долину Верхней Оби от Бийска до устья р. Томи обсуждается стратиграфическое положение трех средне-верхнеплейстоценовых катафлювиальных толщ в структуре террасового комплекса региона, их возможная корреляция с катафлювиальными и ледниковыми толщами Горного Алтая. Эту картину дополняют исследования **Г.Г. Русанова с соавторами (2024)**, где показано, что в структуре наиболее высокой террасы р. Бии в ее нижнем течении участвует катафлювиальная толща, которая, судя по новым радиометрическим возрастам суперпаводковых и перекрывающих их отложений, сформировалась при спуске Телецкого ледниково-подпрудного озера в первой половине морской изотопной стадии МИС 3. Наконец, в статье **И.С. Новикова (2024)** акцентируется внимание на пространственном положении катафлювиальной геоморфологической формации среди других геоморфологических поверхностей региона юга Западной Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агатов А.Р., Непоп Р.К., Моска П. и др. (2023). Новые данные комплексных исследований следов крупных климатических событий плейстоцена: оледенений, формирования ледниково-подпрудных озер и их катастрофических спусков на Алтае (горы юга Сибири). *ДАН. Науки о Земле*. Т. 510. № 2. С. 201–207.
<https://doi.org/10.31857/S2686739723600108>
- Аржанников С.Г., Аржанникова А.В., Броше Р. (2024). Дархадское палеозеро и Дархадские мегафлады в контексте катафлювиальных событий Северной Азии в позднем плейстоцене. *Геоморфология и палеогеография*. Т. 55. № 4. С. 78–110.
<https://doi.org/10.31857/S2949178924040069>
- Аржанникова А.В., Аржанников С.Г., Акулова В.В. и др. (2014). О происхождении песчаных отложений в Южно-Минусинской котловине. *Геология и геофизика*. Т. 55(10). С. 1495–1508.
- Астахов В.И. (2020). Четвертичная геология суши. СПб.: Изд-во СПбГУ. 434 с.
- Бутвиловский В.В. (1993). Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск: ТГУ. 253 с.
- Деев Е.В., Зольников И.Д., Бородовский А.П., Гольцова С.В. (2012). Неотектоника и палеосейсмичность долины нижней Катунь (Горный Алтай). *Геология и геофизика*. Т. 53. № 9. С. 1154–1168.
- Деев Е.В., Зольников И.Д., Гольцова С.В. и др. (2013). Следы древних землетрясений в четвертичных отложениях межгорных впадин центральной части Горного Алтая. *Геология и геофизика*. 2013. Т. 54. № 3. С. 410–423.
- Деев Е.В., Зольников И.Д., Турова И.В. и др. (2018). Палеоземлетрясения в Уймонской внутригорной впадине (Горный Алтай). *Геология и геофизика*. Т. 59. № 4. С. 437–452.
<https://doi.org/10.15372/GiG20180402>
- Зольников И.Д. (2008). Стратотипы четвертичных отложений Яломано-Катунской зоны Горного Алтая. *Геология и геофизика*. Т. 49. № 9. С. 906–918.
- Зольников И.Д., Гуськов С.А., Мартысевич У.В. (2004). О вероятности формирования части четвертичных палеоврезов на севере Сибири термоэрозийными процессами. *Криосфера Земли*. Т. VIII. № 3. С. 3–10.
- Зольников И.Д., Деев Е.В. (2013). Гляциальные суперпаводки на территории Горного Алтая в четвертичном периоде: условия формирования и геологические признаки. *Криосфера Земли*. Т. XVII. № 4. С. 74–82.
- 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., Новиков И.С., Деев Е.В. и др. (2021). О фациальном составе и стратиграфическом положении четвертичной верхнеенисейской толщи в Тувинской и Минусинской впадинах. *Геология и геофизика*. Т. 62. № 10. С. 1377–1390.
<https://doi.org/10.15372/GiG2020186>
- Зольников И.Д., Филатов Е.А., Новиков И.С. и др. (2024a). Суперпаводковые отложения в долине Среднего Енисея. *Геоморфология и палеогеография*. Т. 55. № 4. С. 58–77.
<https://doi.org/10.31857/S2949178924040053>
- Зольников И.Д., Филатов Е.А., Шпанский А.В. и др. (2024b). Геологические свидетельства суперпаводков в Верхнем Приобье. *Геоморфология и палеогеография*. Т. 55. № 4. С. 13–25.
<https://doi.org/10.31857/S2949178924040023>
- Новиков И.С. (2024). Геоморфологические формации юга Западной Сибири и прилегающих территорий. *Геоморфология и палеогеография*. Т. 55. № 4. С. 26–41.
<https://doi.org/10.31857/S2949178924040037>
- 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>
- Astakhov V.I. (2006). Evidence of Late Pleistocene ice-dammed lakes in West Siberia. *Boreas*. V. 35. P. 607–621.
<https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2006.tb01167.x>
- Arzhannikov S., Arzhannikova A., Braucher R., Komatsu G. (2023). Darhad megaflood (southern Siberia): Cause, age and consequence. *Quat. Int.* V. 643. P. 1–21.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.10.002>
- Baker V.R. (Ed.). (1981). *Catastrophic Flooding: The Origin of the Channeled Scabland*. Stroudsburg, PA: Hutchinson Ross. 360 p.
- Baker V.R. (2002). High-energy megafloods: Planetary settings and sedimentary dynamics. Martini I.P., Baker V.R., Garzon G. (Eds.). In: *Flood and Megaflood Deposits: Recent*

- and Ancient Examples. *Int. Association of Sedimentologist Special Publ.* V. 32. P. 3–15.
- Baker V.R. (2013). Global Late Quaternary fluvial paleo-hydrology: with special emphasis on paleofloods and megafloods. Wohl E.E. (Ed.). In: *Fluvial Geomorphology. Treatise in Geomorphology*. V. 9. San Diego: Academic Press. Elsevier. P. 511–527.
- Baker V.R., Benito G., Rudoy A.N. (1993). Paleohydrology of late Pleistocene superflooding, Altai Mountains, Siberia. *Science*. V. 259. P. 348–350
<https://doi.org/10.1126/science.259.5093.348>
- Baker V.R., Bunker R.C. (1985). Cataclysmic late Pleistocene flooding from glacial Lake Missoula: A review. *Quat. Sci. Rev.* V. 4. P. 1–41.
[https://doi.org/10.1016/0277-3791\(85\)90027-7](https://doi.org/10.1016/0277-3791(85)90027-7)
- Batbaatar J., Gillespie A.R. (2016a). Outburst floods of the Maly Yenisei. Part I. *Int. Geology Rev.* V. 58. Iss. 14. P. 1723–1752.
<https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1114908>
- Batbaatar J., Gillespie A.R. (2016b). Outburst floods of the Maly Yenisei. Part II. *Int. Geology Rev.* V. 58. Iss. 14. P. 1753–1779.
<https://doi.org/10.1080/00206814.2016.1193452>
- Baryshnikov G., Agatova A., Carling P. et al. (2015). Russian Altai in the Late Pleistocene and the Holocene: Geomorphological Catastrophes and Landscape Rebound. Fieldtrip Guide. Barnaul: Publishing House of Altai State University. 137 p.
- 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. Is. 14. P. 1780–1794.
<https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1062733>
- Bohorquez P., Carling P.A., Herget J. (2016). Dynamic simulation of catastrophic late Pleistocene glacial-lake drainage, Altai Mountains, central Asia. *Int. Geology Rev.* V. 58. Iss. 14. P. 1795–1817.
<https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1046956>
- Bohorquez P., Jimenez-Ruiz P.J., Carling P.A. (2019). Revisiting the dynamics of catastrophic late Pleistocene glacial-lake drainage, Altai Mountains, central Asia. *Earth-Science Rev.* V. 197. 102892.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102892>
- Bretz J.H. (1923). The Channeled Scabland of the Columbia plateau. *J. of Geology*. V. 31. P. 617–649.
- Carling P.A. (1996). Morphology, sedimentology and palaeohydraulic significance of large gravel dunes, Altai Mountains, Siberia. *Sedimentology*. V. 43. P. 647–664.
<https://doi.org/10.1111/sed.1996.43.issue-4>
- Carling P.A. (2013). Freshwater megaflood sedimentation: what can we learn about generic processes? *Earth-Science Rev.* V. 125. P. 87–113.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.06.002>
- 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>
- 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>
- Grosswald M.G., Rudoy A.N. (1996). Quaternary glacier-dammed lakes in the mountains of Siberia. *Polar Geography*. V. 20. Iss. 3. P. 180–198.
<https://doi.org/10.1080/10889379609377599>
- Herget J. (2005). Reconstruction of Pleistocene ice-dammed lake outburst floods in the Altai Mountains, Siberia. *Special Paper of the Geological Society of America*. V. 386. P. 1–118.
<https://doi.org/10.1130/0-8137-2386-8.1>
- Herget J., Agatova A.R., Carling P.A., Nepop R.K. (2020). Altai megafloods – the temporal context. *Earth-Sci. Rev.* V. 200. 102995.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102995>
- Ivanov A.V., Demonterova E.I., Reznitskii L.Z. et al. (2016). Catastrophic outburst and tsunami flooding of Lake Baikal: U-Pb detrital zircon provenance study of the Palaeo-Manzurka megaflood sediments. *Int. Geology Rev.* V. 58. Iss. 14. P. 1818–1830.
<https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1064329>
- Komatsu G., Arzhannikov S., Gillespie A. et al. (2009). Quaternary paleolake formation and cataclysmic flooding along the upper Yenisei River. *Geomorphology*. V. 104. P. 143–164.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.08.009>
- Komatsu G., Arzhannikov S.G., Arzhannikova A.V., Ori G.G. (2007). Origin of glacial-fluvial landforms in the Azas plateau volcanic field, the Tuva Republic, Russia: Role of ice-magma interaction. *Geomorphology*. V. 88. P. 352–366.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.12.003>
- Komatsu G., Baker V.R., Arzhannikov S.G. et al. (2016). Catastrophic flooding, palaeolakes and late Quaternary drainage reorganization in northern Eurasia. *Int. Geology Rev.* V. 58. P. 1693–1722.
<http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2015.1048314>
- Krivonogov S., Zolnikov I., Novikov I., Deev E. (2017). Giant glaciogenic floods in Altai: geomorphological, geological and hydrological aspects: Guidebook for field excursion at the 14th International Workshop on Present Earth Surface Processes and Longterm Environmental Changes in East Eurasia, September 15–21, 2017. Novosibirsk: Novosibirsk State University. 110 p.
- Margold M., Jansen J.D., Codilean A.T. et al. (2018). Repeated megafloods from glacial Lake Vitim, Siberia, to the Arctic Ocean over the past 60,000 years. *Quat. Sci. Rev.* V. 187. P. 41–46.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.03.005>
- Panin A.V., Astakhov V.I., Lotsari E. et al. (2020). Middle and Late Quaternary glacial lake-outburst floods, drainage diversions and reorganization of fluvial systems in northwestern Eurasia. *Earth-Science Rev.* V. 201. 103069.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103069>

- Reuther A., 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 Altay Mountains, Siberia, using cosmogenic in-situ ¹⁰Be. *Geology*. V. 34. P. 913–916. <https://doi.org/10.1130/G22755A.1>
- Rudoy A.N. (2002). Glacier-dammed lakes and geological work of glacial superfloods in the late Pleistocene, southern Siberia, Altai mountains. *Quat. Int.* V. 87. Iss. 1. P. 119–140. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(01\)00066-0](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(01)00066-0)
- Rudoy A.N., Baker V.R. (1993). Sedimentary effects of cataclysmic late Pleistocene glacial outburst flooding, Altay Mountains, Siberia. *Sedimentary Geology*. V. 85. Iss. 1-4. P. 53–62. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(93\)90075-G](https://doi.org/10.1016/0037-0738(93)90075-G)
- Semikolennykh D.V., Cunningham A.C., Kurbanov R.N. et al. (2022). Dating of megaflood deposits in the Russian Altai using rock surface luminescence. *Quat. Geochronology*. V. 73. 101373. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2022.101373>
- Svistunov M.I., Kurbanov R.N., Murray A.S. et al. (2022). Constraining the age of Quaternary megafloods in the Altai Mountains (Russia) using luminescence. *Quat. Geochronology*. V. 73. 101399. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2022.101399>
- Tomasson H. (1996). The jokulhlaup from Katla in 1918. *Annals of Glaciology*. V. 22. P. 249–254. <https://doi.org/10.3189/1996AoG22-1-249-254>

THE PROBLEM OF MEGAFLOODS AND CATAFLUVIAL DEPOSITS IN UNDERSTANDING THE QUATERNARY HISTORY OF NORTHERN EURASIA (EDITORIAL)¹

E. V. Deev^{a,#}, I. D. Zolnikov^{b,##}, and R. N. Kurbanov^{c,d,###}

^a Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russia

^b Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russia

^c Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

^d Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

[#] E-mail: deev1@yandex.ru

^{##} E-mail: zol@igm.nsc.ru

^{###} E-mail: roger.kurbanov@gmail.com

REFERENCES

- Agatova A.R., Nepop R.K., Moska P. et al. (2023). Recent data of multidisciplinary studies of the major pleistocene climatic events: glaciations, formation of ice-dammed lakes, and their catastrophic drainage in Altai (mountains of southern Siberia). *Doklady Earth Sci.* V. 510. Iss. 2. P. 459–464. (in Russ.) <https://doi.org/10.1134/S1028334X23600305>
- Arzhannikov S., Arzhannikova A., Braucher R., Komatsu G. (2023). Darhad megaflood (southern Siberia): Cause, age and consequence. *Quat. Int.* V. 643. P. 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.10.002>
- Arzhannikov S.G., Arzhannikova A.V., Braucher R. (2024). Darhad paleolake and Darhad glacial megafloods in the context of catafluvial events in North Asia in the Late Pleistocene. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. V. 55. № 4. P. 78–110. (in Russ.) <https://doi.org/10.31857/S2949178924040069>
- Arzhannikova A.V., Arzhannikov S.G., Akulova V.V. et al. (2014). The origin of sand deposits in the South Minusa Basin. *Russian Geology and Geophysics*. V. 55 (10). P. 1183–1194. (in Russ.) <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2014.09.004>
- Astakhov V.I. (2006). Evidence of Late Pleistocene ice-dammed lakes in West Siberia. *Boreas*. V. 35. P. 607–621. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2006.tb01167.x>
- Astakhov V.I. (2020). *Chetvertichnaya geologiya sushy* (Quaternary geology of land). St. Petersburg: Publishing house of St. Petersburg State University. 434 p. (in Russ.)
- Baker V.R. (Ed.). (1981). *Catastrophic Flooding: The Origin of the Channeled Scabland*. Stroudsburg, PA: Hutchinson Ross. 360 p.
- Baker V.R. (2013). Global Late Quaternary fluvial paleohydrology: with special emphasis on paleofloods and megafloods. Wohl E.E. (Ed.). In: *Fluvial Geomorphology. Treatise in Geomorphology*. V. 9. San Diego: Academic Press. Elsevier. P. 511–527.
- Baker V.R. (2002). High-energy megafloods: Planetary settings and sedimentary dynamics. Martini I.P., Baker V.R., Garzon G. (Eds.). In: *Flood and Megaflood Deposits: Recent and Ancient Examples. International Association of Sedimentologist Special Publication*. V. 32. P. 3–15.
- Baker V.R., Benito G., Rudoy A.N. (1993). Paleohydrology of late Pleistocene superflooding, Altay Mountains, Siberia. *Science*. V. 259. P. 348–350. <https://doi.org/10.1126/science.259.5093.348>

¹ For citation: Deev E.V., Zolnikov I.D., Kurbanov R.N. (2024). The problem of megafloods and catafluvial deposits in understanding the Quaternary history of Northern Eurasia (editorial). *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. V. 55. № 4. P. 5–12. (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2949178924040014>; <https://elibrary.ru/FHCGIW>

- Baker V.R., Bunker R.C. (1985). Cataclysmic late Pleistocene flooding from glacial Lake Missoula: A review. *Quat. Sci. Rev.* V. 4. P. 1–41.
[https://doi.org/10.1016/0277-3791\(85\)90027-7](https://doi.org/10.1016/0277-3791(85)90027-7)
- Batbaatar J., Gillespie A.R. (2016a). Outburst floods of the Maly Yenisei. Part I. *Int. Geology Rev.* V. 58. Iss. 14. P. 1723–1752.
<https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1114908>
- Batbaatar J., Gillespie A.R. (2016b). Outburst floods of the Maly Yenisei. Part II. *Int. Geology Rev.* V. 58. Iss. 14. P. 1753–1779.
<https://doi.org/10.1080/00206814.2016.1193452>
- Baryshnikov G., Agatova A., Carling P. et al. (2015). Russian Altai in the Late Pleistocene and the Holocene: Geomorphological Catastrophes and Landscape Rebound. Fieldtrip Guide. Barnaul: Publishing House of Altai State University. 137 p.
- 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>
- Bohorquez P., Carling P.A., Herget J. (2016). Dynamic simulation of catastrophic late Pleistocene glacial-lake drainage, Altai Mountains, central Asia. *Int. Geology Rev.* V. 58. Iss. 14. P. 1795–1817.
<https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1046956>
- Bohorquez P., Jimenez-Ruiz P.J., Carling P.A. (2019). Revisiting the dynamics of catastrophic late Pleistocene glacial-lake drainage, Altai Mountains, central Asia. *Earth-Science Rev.* V. 197. P. 102892.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102892>
- Bretz J.H. (1923). The Channeled Scabland of the Columbia plateau. *J. of Geology.* V. 31. P. 617–649.
- 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. (1996). Morphology, sedimentology and palaeohydraulic significance of large gravel dunes, Altai Mountains, Siberia. *Sedimentology.* V. 43. P. 647–664.
<https://doi.org/10.1111/sed.1996.43.issue-4>
- Carling P.A. (2013). Freshwater megaflood sedimentation: what can we learn about generic processes? *Earth-Science Rev.* V. 125. P. 87–113.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.06.002>
- 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>
- 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., Goltsova S.V. (2012). Neotectonics and paleoseismicity of the lower Katun' valley (Gorny Altai). *Russian Geology and Geophysics.* V. 53. Iss. 9. P. 883–894.
<https://doi.org/10.1016/j.rgg.2012.07.004>
- Deev E.V., Zolnikov I.D., Goltsova S.V. et al. (2013). Traces of paleoearthquakes in the Quaternary deposits of intermontane basins in central Gorny Altai. *Russian Geology and Geophysics.* V. 58. Iss. 3. P. 312–323.
<https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.02.006>
- Deev E.V., Zolnikov I.D., Turova I.V. et al. (2018). Paleoearthquakes in the Uimon basin (Gorny Altai). *Russian Geology and Geophysics.* V. 59. P. 437–452.
<https://doi.org/10.1016/j.rgg.2017.07.011>
- Grosswald M.G., Rudoy A.N. (1996). Quaternary glacier-dammed lakes in the mountains of Siberia. *Polar Geography.* V. 20. Iss. 3. P. 180–198.
<https://doi.org/10.1080/10889379609377599>
- Herget J. (2005). Reconstruction of Pleistocene ice-dammed lake outburst floods in the Altai Mountains, Siberia. *Special Paper of the Geological Society of America.* V. 386. P. 1–118.
<https://doi.org/10.1130/0-8137-2386-8.1>
- Herget J., Agatova A.R., Carling P.A., Nepop R.K. (2020). Altai megafloods – the temporal context. *Earth-Science Reviews.* V. 200. 102995.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102995>
- Ivanov A.V., Demonterova E.I., Reznitskii L.Z. et al. (2016). Catastrophic outburst and tsunami flooding of Lake Baikal: U-Pb detrital zircon provenance study of the Palaeo-Manzurka megaflood sediments. *Int. Geology Rev.* V. 58. Iss. 14. P. 1818–1830.
<https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1064329>
- Komatsu G., Arzhannikov S.G., Arzhannikova A.V., Ori G.G. (2007). Origin of glacial-fluvial landforms in the Azas plateau volcanic field, the Tuva Republic, Russia: Role of ice-magma interaction. *Geomorphology.* V. 88. P. 352–366.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.12.003>
- Komatsu G., Arzhannikov S., Gillespie A. et al. (2009). Quaternary paleolake formation and cataclysmic flooding along the upper Yenisei River. *Geomorphology.* V. 104. P. 143–164.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.08.009>
- Komatsu G., Baker V.R., Arzhannikov S.G. et al. (2016). Catastrophic flooding, palaeolakes and late Quaternary drainage reorganization in northern Eurasia. *Int. Geology Rev.* V. 58. P. 1693–1722.
<http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2015.1048314>
- Krivonogov S., Zolnikov I., Novikov I., Deev E. (2017). Giant glaciogenic floods in Altai: geomorphological, geological and hydrological aspects: Guidebook for field excursion at the 14th International Workshop on Present Earth Surface Processes and Longterm Environmental Changes in East Eurasia, September 15–21, 2017. Novosibirsk: Novosibirsk State University. 110 p.
- Margold M., Jansen J.D., Codilean A.T. et al. (2018). Repeated megafloods from glacial Lake Vitim, Siberia, to the Arctic Ocean over the past 60,000 years. *Quat. Sci.*

- Rev.* V. 187. P. 41–46.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.03.005>
- Novikov I.S. (2024). Geomorphological formations of the south of Western Siberia and adjacent territories. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. V. 55. № 4. P. 26–41. (in Russ.)
<https://doi.org/10.31857/S2949178924040037>
- Panin A.V., Astakhov V.I., Lotsari E. et al. (2020). Middle and Late Quaternary glacial lake-outburst floods, drainage diversions and reorganization of fluvial systems in northwestern Eurasia. *Earth-Science Rev.* V. 201. P. 103069.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103069>
- Reuther A., 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 ^{10}Be . *Geology*. V. 34. P. 913–916.
<https://doi.org/10.1130/G22755A.1>
- Rudoy A.N. (2002). Glacier-dammed lakes and geological work of glacial superfloods in the late Pleistocene, southern Siberia, Altai mountains. *Quat. Int.* V. 87. Iss. 1. P. 119–140.
[https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(01\)00066-0](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(01)00066-0)
- Rudoy A.N., Baker V.R. (1993). Sedimentary effects of cataclysmic late Pleistocene glacial outburst flooding, Altai Mountains, Siberia. *Sedimentary Geology*. V. 85. Iss. 1-4. P. 53–62.
[https://doi.org/10.1016/0037-0738\(93\)90075-G](https://doi.org/10.1016/0037-0738(93)90075-G)
- 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>
- Semikolennykh D.V., Cunningham A.C., Kurbanov R.N. et al. (2022). Dating of megaflood deposits in the Russian Altai using rock surface luminescence. *Quat. Geochronology*. V. 73. 101373.
<https://doi.org/10.1016/j.quageo.2022.101373>
- Svistunov M.I., Kurbanov R.N., Murray A.S. et al. (2022). Constraining the age of Quaternary megafloods in the Altai Mountains (Russia) using luminescence. *Quat. Geochronology*. V. 73. 101399.
<https://doi.org/10.1016/j.quageo.2022.101399>
- Tomasson H. (1996). The jokulhlaup from Katla in 1918. *Annals of Glaciology*. V. 22. P. 249–254.
<https://doi.org/10.3189/1996AoG22-1-249-254>
- Zolnikov I.D. (2008). Stratotypes of quaternary deposits of the Yaloman-Katun' zone (Gorny Altai). *Russian Geology and Geophysics*. V. 49. No. 9. P. 682–691.
<https://doi.org/10.1016/j.rgg.2007.09.021>
- Zolnikov I.D., Deev E.V. (2013). Quaternary glacial super-floods at the Gorny Altai: formation conditions and geological features. *Earth Cryosphere*. V. XVII. № 4. P. 74–82. (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 (Gorny 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., Filatov E.A., Novikov I.S. et al. (2024a). Megaflood deposits in the middle Yenisei River valley. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. V. 55. № 4. P. 58–77. (in Russ.)
<https://doi.org/10.31857/S2949178924040053>
- Zolnikov I.D., Filatov E.A., Shpansky A.V. et al. (2024). Geological evidence of megafloods in the Upper Ob Region. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. V. 55. № 4. P. 13–25. (in Russ.)
<https://doi.org/10.31857/S2949178924040023>
- Zolnikov I.D., Guskov S.A., Martysevich U.V. (2004). On the probability of the formation of a part of Quaternary paleovreeces in the north of Siberia by thermoerosion processes. *Earth Cryosphere*. V. VIII. Iss. 3. P. 3–10.
- Zolnikov I.D., Novikov I.S., Deev E.V. et al. (2021). Facies composition and stratigraphic position of the Quaternary Upper Yenisei sequence in the Tuva and Minusa depressions. *Russian Geology and Geophysics*. V. 62. Iss. 10. P. 1127–1138.
<https://doi.org/10.2113/RGG20204183>