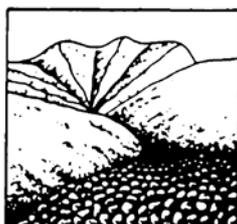


# **СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита**

---

Труды  
8-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 6–10 октября 2025 г.



Ответственные редакторы  
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева

---

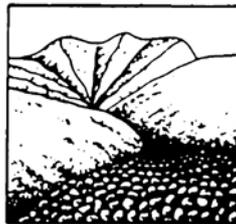
ООО «Геомаркетинг»  
Москва  
2025

# **DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection**

---

Proceedings  
of the 8<sup>th</sup> International Conference

Tbilisi, Georgia, 6–10 October 2025



Edited by  
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva

---

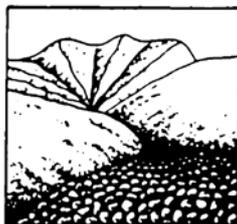
Geomarketing LLC  
Moscow  
2025

# ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

---

მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის  
მასალები

თბილისი, საქართველო, 6-10 ოქტომბერი, 2025



რედაქტორები  
ს. ს. ჩერნომორეც, გ. ვ. გავარდაშვილი, კ. ს. ვისხაჯიევა

---

შპს „გეომარკეტინგი“  
მოსკოვი  
2025

УДК 551.311.8  
ББК 26.823  
С29

**Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита.** Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2025. 496 с.

**Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection.** Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC, 2025. 496 p.

**ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა.** მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო. – პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი, კ.ს. ვისხაჯიევა. – მოსკოვი: შპს „გეომარკეტინგი“, 2025. 496 ს.

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), Г.В. Гавардашвили (Институт водного хозяйства имени Цотне Мирцхулава Грузинского технического университета), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (M.V. Lomonosov Moscow State University), G.V. Gavardashvili (Tsozne Mirtskhulava Institute of Water Management, Georgian Technical University), K.S. Viskhadzhieva (M.V. Lomonosov Moscow State University).

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).

Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-5-6053539-4-2

© Селевая ассоциация  
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association  
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია  
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა  
მეურნეობის ინსტიტუტი



## Геоморфологическая реакция на селевой паводок, сформированный прорывом ледникового озера Башкара

В.С. Посаженикова<sup>1</sup>, В.Н. Голосов<sup>1,2</sup>, С.В. Харченко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,  
Россия, vitaposazhennikova@gmail.com

<sup>2</sup>Институт географии РАН, Москва, Россия

**Аннотация.** 1 сентября 2017 г. произошел прорыв оз. Башкара, расположенного в верховьях р. Адыл-Су, крупного правого притока р. Баксан. Сошедший катастрофический паводок существенно изменил морфологию дна долины р. Баксан и спровоцировал разрушение объектов инфраструктуры. В условиях деградации оледенения Кавказа и активного антропогенного освоения дна долин, вероятность повторного прорыва оз. Башкара или прорыва иных прорывоопасных ледниковых озер возрастает. Необходимо детальное изучение последствий подобных селевых событий. Объектом исследования стал участок дна долины р. Баксан от впадения р. Адыл-Су до г. Тырнауз. Для оценки селевой трансформации дна были использованы разновременные космические снимки: до и сразу после селевого события (2016 и 2017 гг.). Дешифрирование форм рельефа показало, что основной реакцией дна долины р. Баксан на селевой паводок было изменение морфологии флювиальных форм рельефа. Дальнейшее исследование заключалось в сегментации речной сети и анализе морфометрических характеристик. Результаты исследования свидетельствуют, что наиболее значимым геоморфологическим откликом на сформированный прорывом оз. Башкара селевой паводок в дна долины р. Баксан стало увеличение ширины русла, обусловленное боковой эрозией и размывом островов. В среднем ширина русла после прорыва увеличилась в 1,6 раз, для 15% от общей протяженности участков русла увеличение было многократным (в 2–5 раз). Определяющим фактором степени расширения русла был коэффициент стесненности.

**Ключевые слова:** расширение русла, рельефомоделирующие процессы, селевой паводок, прорыв ледникового озера, Кавказ

**Ссылка для цитирования:** Посаженикова В.С., Голосов В.Н., Харченко С.В. Геоморфологическая реакция на селевой паводок, сформированный прорывом ледникового озера Башкара. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2025, с. 356–362.

## Geomorphic response to the debris flow triggered by the Bashkara glacier lake outburst

V.S. Posazhennikova<sup>1</sup>, V.N. Golosov<sup>1,2</sup>, S.V. Kharchenko<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, vitaposazhennikova@gmail.com

<sup>2</sup>Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Abstract.** The glacier lake Bashkara outburst occurred on 1 September 2017 in the headwaters of the Adyl-Su River valley. Subsequent catastrophic debris flow substantially reshaped the valley bottom of the Baksan River and caused extensive infrastructure damage. Such lake-outburst events seem to appear more frequently due to the Caucasus deglaciation and intensive anthropogenic impact. Hence, understanding the geomorphic response of valley bottoms owed by debris flows should be quantified. The study examines a 20-km reach of the Baksan River valley bottom from the Adyl-Su River confluence to Tyrnauz town. To assess debris flow-induced transformations, multi-temporal satellite



imagery (2016, pre-event; 2017, post-event) was analyzed. Manual geomorphic mapping revealed that the primary response involved morphological changes in fluvial landforms. Subsequent river network segmentation and morphometric analysis demonstrated that the most significant geomorphic impact was substantial channel widening driven by lateral erosion and island removal. Mean channel width increased by a factor of 1.6, whilst 15% of the studied reaches exhibited a 2- to 5-fold increase. The degree of widening was strongly influenced by the confinement index.

**Key words:** *channel widening, geomorphic response, debris flow, glacial lake outburst, Caucasus*

**Cite of this article:** Posazhennikova V.S., Golosov V.N., Kharchenko S.V. Geomorphic response to the debris flow triggered by the Bashkara glacier lake outburst. In: Chernomorets S.S., Gavardashvili G.V., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). Moscow: Geomarketing LLC, 2025, p. 356–362.

## Введение

В последние десятилетия наблюдается значительное увеличение антропогенного воздействия на горные бассейны. Устойчивый тренд дегляциации [Tielidze, Wheate, 2018] и увеличение частоты экстремальных погодных явлений [Coumou, Rahmstorf, 2012] способствуют формированию мощных селевых паводков [Brenna et al., 2023], вызывающих кардинальные изменения морфологии днища горных долин. Это увеличивает риски, связанные с затоплением и процессами переноса наносов [Buraas et al., 2014]. Для эффективного снижения данных рисков необходимо выявление участков рек с наибольшими морфологическими изменениями, а также ясное понимание факторов, определяющих масштабы изменений русел вследствие селевых паводков. Северный Кавказ является одним из наиболее густонаселенных и развитых в сельскохозяйственном и рекреационном плане регионов Российской Федерации, при этом – одним из наиболее мощных очагов оледенения Кавказа, площади которого интенсивно сокращаются с последующей активизацией ряда опасных геоморфологических процессов (в частности, селевых). Так, в бассейне р. Баксан, на 16% покрытого ледниками, за последнее столетие было зафиксировано около двух десятков катастрофических селей [Черноморец, 2005]. Поэтому для решения исследовательских задач был выбран участок горной долины р. Баксан между устьем р. Адыл-Су, откуда сошёл катастрофический сель вследствие прорыва ледникового озера Башкара [Черноморец и др., 2018; Крыленко и др., 2019; Kornilova et al., 2021], и до створа г. Тырнауз. Цель данного исследования заключалась в определении селевой трансформации рельефа днища долины р. Баксан.

## Методы

Для анализа селевой трансформации рельефа в результате прорыва оз. Башкара 1 сентября 2017 г. было использованы разновременные космические снимки. Базовым для анализа морфологии днища долины до селевого паводка был снимок SPOT 7, предоставленный правообладателем Airbus Defence and Space, с разрешением 1,5 м от 20.08.2016. Снимок считался репрезентативным в связи с отсутствием геоморфологически эффективных селевых событий в период с августа 2016 по сентябрь 2017 г. и пиковыми расходами воды не превышающих средних 60–70 м<sup>3</sup>/с. Снимок после прорыва был сделан SPOT 7 14.09.2017 (разрешение 1,5 м).

Дешифрирование форм рельефа было выполнено вручную в программе ESRI ArcGIS 10.5. Отдельно выделялись контуры русла, островов и пойм. В данной работе под термином “русло” подразумевалась форма рельефа дна долины, по которой осуществляется речной сток при уровнях ниже бровки поймы, затопляемой в многоводную фазу режима [Чалов, 2008]. Под «поймой» понималась низкая



террасовидная поверхность, примыкающая к руслу, затапливаемая с периодичностью 1–3 года и покрытая преимущественно древесной растительностью [Чалов, 2008], тогда как под «островами» – участки поймы в пределах водотоков.

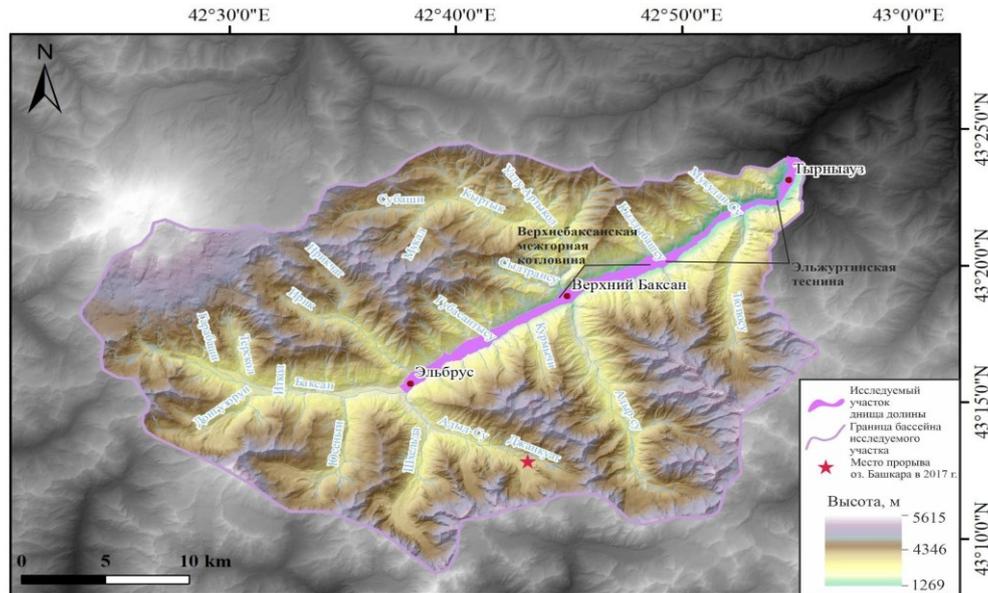


Рис. 1. Расположение исследуемого участка дна долины в пределах водосборного бассейна р. Баксан до створа Тырнауз

Дальнейшая работа заключалась в сегментации речной сети. Сначала исследуемый объект был разделен на относительно однородные участки с помощью ГИС-процедуры, предложенной Ferencevic, Ashmore [2012]. Из-за недостаточных данных о расходах, вместо мощности потока в работе использовался индекс мощности потока (stream power index, SPI), значение которого рассчитывается как произведение уклона русла на квадратный корень из площади водосборного бассейна. Для более точного анализа взаимосвязей между факторами и масштабом изменений русла были выделены дополнительные сегменты согласно методике, разработанной Brierley, Fryirs [2005] и усовершенствованной Rinaldi и соавторами [2013].

На основе космических снимков были определены средняя ширина русла, рассчитанная как отношение площади сегмента к длине русла, за 2016 и 2017 гг. ( $W_{16}$ ,  $W_{17}$ ), количество ( $n_{16}$ ,  $n_{17}$ ) и площадь островов ( $I_{16}$ ,  $I_{17}$ ), ширина поймы ( $F_{16}$ ,  $F_{17}$ ), коэффициент стесненности (confinement index), или отношение ширины дна долины к ширине русла, ( $C_{i16}$ ,  $C_{i17}$ ). Изменения формы русла, вызванные селевым паводком, были выражены в виде абсолютной разницы в ширине русла ( $\Delta W_{17-16}$ ) и коэффициента ширины (width ratio,  $W_{r17-16}$ ), рассчитанного как отношение ширины русла после (2017) к ширине русла до (2016) прорыва оз. Башкара.

Речные русла были классифицированы на различные геоморфологические типы ( $G_{16}$ ,  $G_{17}$ ) на основе соотношения между шириной поймы и шириной русла. При  $F/W \geq 3$  русла соответствовали широкопойменному типу (S),  $F/W \leq 1$  – врезанному (V), промежуточные значения – адаптированному (A) [Чалов, 1979]. Для разделения на относительно прямолинейные (p) и меандрирующие (m) морфодинамические типы ( $M_{16}$ ,  $M_{17}$ ) была использована степень развитости излучин, рассчитываемая как отношение длины излучины ( $l$ ) к её шагу ( $L$ ). Пороговым значением для возникновения процесса меандрирования было значение  $l/L = 1,15$  [Чалов, 1979]. Для выявления разветвленного типа (r) оценивалось наличие осередков и островов и суммарное увеличение ширины русла, являющееся показателем изменения структуры потока [Чалов, 2008]. На основе данных показателей было выделено 9 типов русел:  $V_p$ ,  $V_m$ ,  $V_r$ ,  $A_p$ ,  $A_m$ ,  $A_r$ ,  $S_p$ ,  $S_m$ ,  $S_r$ .

Другие морфометрические параметры были извлечены из ЦМР FABDEM с помощью инструментов ГИС и расчетов в программном обеспечении Microsoft Excel



2021. Так, были рассчитаны средний уклон русла (перепад высот между соседними ячейками, деленный на расстояние между ними,  $S$ ), площадь водосборного бассейна ( $DA$ ), SPI, расстояние от источника селевого паводка ( $A-s$ ). Для анализа факторов расширения для сегментов были рассчитаны средние значения нормализованного относительного вегетационного индекса (NDVI) за 28 августа 2017 г. (за 3 суток до селевого паводка) и фиктивные переменные для впадения притоков. Также использовались данные о наличии линеаментов (для анализа была использована геологическая карта ГГК К-38-I, VII [Федеральная..., 2004] и база данных активных разломов Евразии AFEAD [Zelenin et al., 2022]). Корреляционный анализ морфологических изменений, вызванных селевым паводком, и факторов, потенциально контролирующих масштаб этих изменений, был выполнен с помощью ранговой корреляции Спирмена.

## Результаты

### *Морфологические изменения рельефа дна долины*

В результате проведения сегментации русла было выделено 142 участка. Минимальная, средняя и максимальная длина участков составила 20, 228 и 775 м соответственно. Все участки характеризуются горным типом русловых процессов и включают в себя все геоморфологические типы условий формирования и морфодинамические типы русел по классификации МГУ [Чалов, 1979, 2008]. Уклон русла реки изменяется от 0,03% до 21,5%, среднее значение для всех участков составляет 2%. До селевого паводка максимальная ширина русла достигала 255,7 м, минимальная – 12 м, в среднем ширина русла равнялась 36,2 м.

Статистически значимое расширение русла ( $>5$  м) в результате селевого паводка в сентябре 2017 г. произошло на 106 участках общей длиной 23 км из 31 (74,3%). Так, минимальная, средняя и максимальная ширина после паводка составила 19,8, 51,2 и 272 м соответственно. Наибольшее расширение в абсолютном выражении было зафиксировано на участке в 1,5 км вниз по течению от устья р. Адыл-Су и составило 99,2 м. В среднем коэффициент расширения достигал 1,6 (медиана 1,4). На 66 участках общей протяженностью 12,1 км коэффициент превысил 1,5, из которых на 28 участках (4,8 км) –  $Wr_{17-16} > 2$ . Пространственный анализ  $Wr_{17-16}$  показал, что наиболее существенное расширение ( $>1,4$ ) происходило в пределах 20 км вниз по течению от устья р. Адыл-Су, вплоть до Эльджуртинской теснины.

В результате селевого паводка значительно изменилась структура островов. На 21 участке протяженностью 4,8 км наблюдалось уменьшение площади островов на  $2,1 \times 10^5$  м<sup>2</sup> (77,3%). На 32 участках было зафиксировано существенное увеличение площади островов на  $3,1 \times 10^5$  м<sup>2</sup> (487%), из них 15 участков приурочены к Верхнебаксанской межгорной котловине, в пределах которой прирост площади составил  $2,9 \times 10^5$  м<sup>2</sup>, или 93,5% от всего прироста островов. Образование новых островов было связано с расчленением поймы по старым протокам. Соответственно, в остальной части дна долины, где преобладали относительно узкие участки русла, основным процессом была эрозия островов.

Расширение русла повлияло на изменения типов русел. Так, до селевого паводка преобладающими геоморфологическими типами русел были адаптированные (38,9%) и широкопойменные (36,4%), а врезанные русла составляли 24,8%. После селевого паводка доля адаптированных русел возросла до 48%, врезанных – до 38,1%, тогда как доля широкопойменных русел уменьшилась до 13,8%. Так, для 62,2% всего исследуемого участка геоморфологический тип остался прежним, на 22,8% наблюдался переход от широкопойменного типа к адаптированному и на 15% – от адаптированного к врезанному. Данная смена типов была обусловлена интенсивной боковой эрозией пойменных участков.

Изменения коснулись и морфодинамических типов русел: протяженность относительно прямолинейных русел сократилась с 53,3 до 42,1%, разветвленных –



незначительно увеличилась с 36,4 до 39,2%, тогда как меандрирующих – возросла с 10 до 18,7%. Только 25,2% от общей протяженности русла претерпели изменения, из которых 48,9% пришлось на смену относительно прямолинейного типа разветвленным, 22% – прямолинейного меандрирующим, что демонстрирует преобладающий тренд на усложнение структуры русла.

#### Факторы, влияющие на селевую трансформацию рельефа дна долины

Матрица корреляции Спирмена показывает, что наиболее значимую положительную корреляцию коэффициент ширины имеет с коэффициентом стесненности, рассчитанным как отношение ширины дна долины к ширине русла 2016 г., как при рассмотрении полного набора данных (0,56), так и участков выше Эльджуртинской теснины (0,49) (рис. 2). Умеренная положительная связь была выявлена в обоих случаях с уклоном и геоморфологическим типом русла (~ 0,4), поскольку расширение русла происходило за счёт поймы. Для остальных ландшафтно-геоморфологических факторов были выявлены существенные различия. Так, при рассмотрении участка между устьем р. Адыл-Су и Эльджуртинской тесниной значительно меньшую роль оказывает расстояние от источника селя (0,33 против 0,52), при этом начинают прослеживаться более сложные взаимосвязи между расширением русла и такими факторами, как количество и площадь островов и морфодинамический тип русла (~ -0,4). Примечательно, что возрастает значимость отрицательной связи с доселевой шириной русла (0,56 против 0,39) (рис. 2, А).

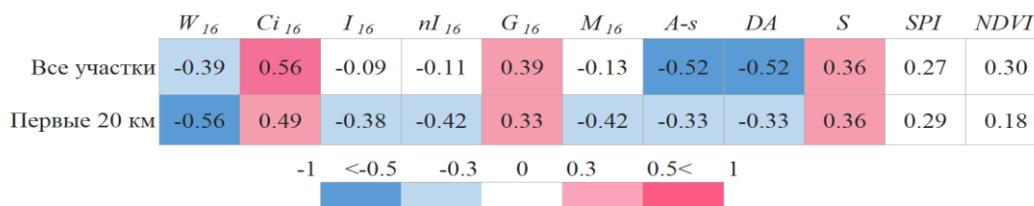


Рис. 2. Матрица ранговой корреляции Спирмена между коэффициентом расширения русла после селевого паводка ( $W_r$ ) и ландшафтно-геоморфологическими факторами:  $W_{16}$  – ширина русла,  $Ci_{16}$  – коэффициент стесненности,  $I_{16}$  – площадь островов,  $nI_{16}$  – количество островов,  $G_{16}$  – геоморфологический тип русла,  $M_{16}$  – морфодинамический тип русла,  $A-s$  – расстояние от источника селевого паводка,  $DA$  – площадь водосборного бассейна,  $S$  – уклон русла,  $SPI$  – индекс мощности потока,  $NDVI$  – нормализованный относительный индекс растительности. Индекс 16 означает, что данные взяты за 2016 г.

Таким образом, предварительный анализ позволяет заключить, что наиболее интенсивное расширение происходило на более узких до селевого паводка участках русла ( $W < -0,5$ ) с относительно прямолинейным морфодинамическим типом ( $I, nI$  &  $M < -0,4$ ), с более высоким средним уклоном ( $S = \sim 0,4$ ) и относительно широким дном ( $Ci > 0,5$ ). Определяющим фактором «дальности» воздействия селевого паводка, вероятно, являлось четковидное строение речной долины р. Баксан. Так, после прохождения крупной межгорной котловины происходило падение максимальных расходов потока и, соответственно, его эрозионно-транспортирующей способности.

#### Обсуждение

Данное исследование показывает, что основная реакция на селевой паводок в принимающей долине р. Баксан заключалась в расширении русла и изменении его морфодинамической структуры. Расширение в основном было связано с боковой эрозией берегов и размывом островов.

Наиболее интенсивно расширение протекало в пределах 20 км ниже впадения селевого притока, где произошёл прорыв. Для более отдаленных участков почти полное отсутствие



ярко выраженных изменений формы русла, вероятно, было обусловлено четковидным строением долины р. Баксан. Так, при прохождении Верхнебаксанской котловины расходы селевого паводка сократились на 10–15%, при этом наблюдалось выполаживание продольного профиля (среднее значение уклонов сокращается почти в 2,5 раза) и преобладание разветвленного морфодинамического типа русла со средней шириной около 80 м, что превышает средние значения для всего исследуемого участка в два раза. Данные условия являлись крайне благоприятными для потери энергии потока, его «распластывания» и аккумуляции наносов. В расположенной ниже по течению Эльжуртинской теснине средний коэффициент расширения не превышал 1,1. Данные результаты демонстрируют существенную роль стесненности долины в сдерживании расширения русла.

Стесненность долины оказывала значительное влияние и на русло выше по течению от Верхнебаксанской котловины: участки с расширением более чем в 1,5 раза обладали коэффициентом стесненности выше среднего, т.е. являлись относительно неограниченными. Также данные участки относились к крутым и характеризовались изначальным более узким поперечным профилем. Примечательно, что для них была характерна трансформация из адаптированного относительно прямолинейного типа русла во врезанное меандрирующее. Селевой паводок уничтожил прибрежный древесный и кустарниковый покров поймы, делая берега более чувствительными к размыву. С другой стороны, селевой паводок способствовал поступлению огромного количества твердых наносов большей размерности, чем способна перемещать р. Баксан при стандартной мощности потока, и, соответственно, неравномерной аккумуляции. Изменение морфологии дна русла, вероятно, повлекло за собой нарушение структуры потока и возникновение спиралевидных течений. Похожим механизмом можно объяснить доминирующий переход от относительно прямолинейного русла к разветвленному в ~ 50% случаях, когда происходило изменение морфодинамического типа русла.

### **Выводы**

Наиболее значимым геоморфологическим откликом на сформированный прорывом оз. Башкара селевой паводок 1 сентября 2017 г. стало значительное увеличение ширины русла р. Баксан, обусловленное эрозией поймы и пойменных островов. В среднем ширина русла после прорыва увеличилась в 1,6 раз. Также был выявлен преобладающий тренд усложнения морфодинамических типов русел: 18% относительно прямолинейных русел стали меандрирующими (6%) и разветвленными (12%). Ключевыми факторами в пространственном распределении изменений русла были ширина русла до селевого паводка и стесненность долины. Четковидное строение долины р. Баксан определило дальность воздействия селевого паводка: после существенного расширения долины в районе с. Верхний Баксан в Эльжуртинской теснине морфология днища почти не изменилась ( $W_r 1,2$ ).

### **Благодарности**

Статья подготовлена в рамках выполнения мегагранта Правительства Российской Федерации, реализуемого в рамках Соглашения №075-15-2025-008 от 27.02 2025 г.

### **Список литературы**

- Крыленко И. В., Кидяева В. М., Сурков В. В. Причины и последствия прорыва 1 сентября 2017 г. горного приледникового озера башкара в приэльбрусье //Маккавеевские чтения-2018. – 2019. – С. 112-127.
- Федеральная служба геологического картографирования России. Геологическая карта: К-38-I, VII (Кисловодск). Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Кавказская серия [Карта]. ФГУГП Кавказгеолсъёмка. (Ред. Энна Н.Л.), 2004.
- Чалов, Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979, 232 с.



- Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Том 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: ЛКИ, 2008, 608 с.
- Черноморец С.С. Селевые очаги до и после катастроф. М.: Научный мир, 2005, 184 с.
- Черноморец С.С., Петраков Д.А., Алейников А.А., Беккиев М.Ю., Висхаджиева К.С., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Кидаева В.М., Крыленко В.В., Крыленко И.В., Крыленко И.Н., Рец Е.П., Савернюк Е.А., Смирнов А.М. Прорыв озера Башкара (Центральный Кавказ, Россия) 1 сентября 2017 года // Криосфера Земли, 2018, 22(2): 70–80.
- Brenna A., Marchi L., Borga M., Zaramella M., Surian N. What drives major channel widening in mountain rivers during floods? The role of debris floods during a high-magnitude event // *Geomorphology*, 2023, 430: 108650. doi: 10.1016/j.geomorph.2023.108650.
- Brierley G.J., Fryirs K.A. *Geomorphology and river management: Applications of the river styles framework*. Wiley-Blackwell, 2013.
- Buraas E.M., Renshaw C.E., Magilligan F.J., Dade W.B. Impact of reach geometry on stream channel sensitivity to extreme floods // *Earth Surface Processes and Landforms*, 2014, 39(13): 1778–1789.
- Coumou D., Rahmstorf S. A decade of weather extremes // *Nature Climate Change*, 2012, 2(7): 491–496.
- Ferencevic M.V., Ashmore P. Creating and evaluating digital elevation model-based stream-power map as a stream assessment tool. *River Research and Applications*, 2012, 28(9): 1394–1416.
- Kornilova E.D. et al. Modeling of extreme hydrological events in the Baksan River basin, the Central Caucasus, Russia // *Hydrology*. – 2021. – Т. 8. – №. 1. – С. 24.
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI) // *Geomorphology*, 2013, 180–181, 96–108.
- Tielidze L.G., Wheate R.D. The Greater Caucasus Glacier Inventory (Russia, Georgia and Azerbaijan) // *The Cryosphere*, 2018, 12(1): 81–94.
- Zelenin E., Bachmanov D., Garipova S., Trifonov V., Kozhurin A., Ovsyuchenko A. The database of the active faults of Eurasia (AFEAD): Ontology and design behind the continental-scale dataset // *Earth System Science Data*, 2021, 13(6): 2739–2762.