

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-88-93>

УДК 551.311.21



РАСЧЕТ ТВЕРДОГО СТОКА РЕКИ ЧЕГЕМ В РАЙОНЕ КАРЬЕРА НИЖЕ С.П. ЧЕГЕМ ВТОРОЙ (КАБАРДИНО-БАЛКАРСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

Л.Б. Чигирова

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 2, Россия

Аннотация. Цель работы – исследование русла р. Чегем для оценки возможности русловой добычи аллювиальных пород с учетом гидрологического, руслового режима и определение допустимых объемов добычи песчано-гравийных материалов с минимальным негативным воздействием на природный комплекс. Для решения поставленных задач в мае 2023 г. были проведены натурные обследования русла р. Чегем ниже с.п. Чегем Второй. Проанализированы результаты обследования, имеющаяся информация по исследуемой теме и архивные материалы по гидрологическим и геоморфологическим характеристикам р. Чегем. Проведены расчеты по определению морфометрических и гидрологических параметров р. Чегем, в том числе расход воды дождевого паводка 1%-ной обеспеченности, а также объема твердого стока русла реки в районе руслового карьера. Установлено, что объем среднегодового твердого стока в русле р. Чегем зависит от паводкового режима. По результатам исследований рассчитана среднегодовая допустимая величина добычи песчано-гравийных материалов в зависимости от паводкового режима с минимизацией негативного воздействия на русловые процессы реки. Сделан вывод о необходимости проведения периодического мониторинга с целью получения актуальных гидроморфометрических данных о состоянии р. Чегем.

Ключевые слова: русловой режим, р. Чегем, песчано-галечниковый материал, твердый сток, гидроморфометрические параметры, максимальный расход воды, максимальный расход селевого паводка

Формат цитирования: Чигирова Л.Б. Расчет твердого стока р. Чегем в районе карьера ниже с.п. Чегем Второй (Кабардино-Балкарская Республика) // Природообустройство. 2024. № 3. С. 88-93. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-88-93>

Original article

CALCULATION OF SOLID RUNOFF OF THE CHEGEM RIVER IN THE AREA OF THE QUARRY DOWNSTREAM OF THE VILLAGE OF CHEGEM VTOROY (KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC)

L.B. Chigirova

¹ FSBI "High-Mountain Geophysical Institute", 360030, Nalchik, Lenina prospect, 2, Russia

Abstract. The purpose of the work- is to study the channel of the Chegem River to assess the possibility of channel mining of alluvial rocks taking into account the hydrological, channel regime and to determine the permissible volumes of sand and gravel mining with minimal negative impact on the natural complex. In order to solve the set tasks, in May 2023, field surveys of the Chegem River bed, downstream of Chegem Vtoroy settlement, were conducted. The survey results, available information on the topic under study and archival materials on hydrological and geomorphological characteristics of the Chegem River were analyzed. Calculations were made to determine the morphometric and hydrological parameters of the Chegem River, including the water discharge of a 1% rainfall flood, as well as the volume of solid runoff of the river bed in the area of the channel quarry. It was found that the volume of average annual solid runoff in the Chegem River channel depends on the flood regime. Based on the results of the study calculated the average annual allowable amount of sand and gravel extraction depending on the flood regime to minimize the negative impact on the river channel processes. It is concluded that it is necessary to conduct periodic monitoring in order to obtain relevant hydromorphometric data on the state of the Chegem River.

Keywords: channel regime, Chegem River, sand and gravel materials, solid runoff, hydromorphometric parameters, maximum water discharge, maximum discharge of mudflow flood

Format of citation: Chigirova L.B. Calculation of solid runoff of the Chegem River in the area of the quarry below the village Chegem Vtoroy (Kabardino-Balkar Republic) // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. . 3. P. 88-93. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-88-93>

Введение. Песчано-гравийные материалы (ПГМ) – разновидность строительного материала, имеющего нерудное происхождение. Добывают их на дне водоемов или в глубоких карьерах. Песчано-гравийные материалы легко разрабатываются тяжелой техникой и требуют меньшей обработки в отличие от других строительных материалов. В промышленных масштабах они добываются из русел рек, участков поймы и террас. Однако нерегламентированная выборка ПГМ, особенно если речь идет о русловых и пойменных карьерах, приводит к деформации русла.

Изменение русловых процессов при добыче аллювиальных песчано-гравийных материалов зависит от местоположения карьера, количества добываемого материала, технологии добычи, а также от размеров и гидрологического режима реки и т.д.

Нарушение русла не ограничивается лишь самим карьером, так как русло и пойма – постоянно меняющаяся среда, в которой нарушения гидравлики потока и морфологии русла могут распространяться далеко вверх и вниз от места их возникновения. Исследование направленности и темпов развития последствий добычи аллювиальных ПГМ является актуальным с точки зрения перспектив как восстановления рек, так и обеспечения народного хозяйства строительными материалами [1].

Главным в определении допустимой величины безвозвратного изъятия ПГМ из русла реки является то, что суммарный ежегодный объем добычи из отдельного руслового карьера не должен превышать величины годового стока руслообразующих наносов на данном участке реки. Негативные последствия для русла являются минимальными в том случае, когда карьер заносится в течение 1-2 лет [2]. Примером может послужить случай чрезмерной добычи аллювия в карьере, размещенном в русле р. Баксан. Деформация русла привела к тому, что левый берег реки в 2016 г. был размыв паводковыми водами. В результате в с.п. Благовещенка было затоплено 212 домовладений, в которых проживал 721 чел., а также затоплено 2112 га сельхозугодий (из данных ГУ МЧС России по КБР).

Горные реки Северного Кавказа отличаются бурными потоками, способными перемещать

значительное количество рыхлообломочного материала. Высокая транспортирующая энергия горных рек, обусловленная большим уклоном русла, создает благоприятные условия для переноса взвешенного и перекатываемого по дну материала к ее устью [3].

Цель исследований: изучение морфометрических и гидрологических характеристик р. Чегем для определения допустимого объема добычи песчано-гравийных материалов с минимизацией их неблагоприятного воздействия на природный комплекс реки.

Река Чегем берет свое начало с ледника Башиль в районе вершин Адырсубаши (4342 м), Тихтенген (4613 м) и Салынгантау (4510 м) [4]. Самым большим притоком р. Чегем является р. Гара-Аузусу. Общая длина реки составляет 103 км, площадь водосбора – км²; средний уклон реки – 36°. Река имеет смешанное питание: снеговое, ледниковое, подземное.

Река Чегем в верховьях течет в узком ущелье шириной 40-50 м. Ниже долина расширяется до 1 км и имеет U-образную форму – это Нижнечегемская внутригорная котловина, в которой и расположено с.п. Нижний Чегем. В 1,5 км, ниже с.п. Нижний Чегем, долина сужается до 500 м и вновь расширяется в районе с.п. Лечинкай, где заканчивается горный участок бассейна и начинается равнинный до самого устья.

На равнинном участке ширина долины составляет 2-4 км в районе с.п. Лечинкай и 4-6 км ниже с.п. Чегем Второй. Уклон на участке изменяется от 10° в верхней части до 2° – в нижней. От с.п. Лечинкай река разделяется на ряд рукавов, в русле много островов длиной до 500 м и шириной 100-200 м, ширина поймы достигает 500 м (по данным КБ ЦГМС).

В мае 2023 г. были проведены натурные исследования русла р. Чегем ниже с.п. Чегем Второй в районе карьера по добыче ПГМ. Результаты обследования показали, что для добычи грунтового материала в русле р. Чегем работы ведутся на трех участках, которые работают периодически: после окончания добычи грунта на одном карьере работы переносятся в другой. Это приводит к постоянному перераспределению грунтового материала в русле реки. Изменения руслового режима р. Чегем в результате работы

карьера ПГМ с 2020 по 2022 гг. отчетливо отражены на рисунке 1.

Район обследования – карьер в русле р. Чегем по выборке песчано-гравийных материалов (рис. 2). Разработка карьера на данном участке р. Чегем началась в 2017 г. Исследования включали в себя тахеометрическую съемку с промерами русла и определением гидрологических параметров потока реки. По данным, полученным в ходе натурных исследований, было произведено расчетное определение количества выносимых рекой песчано-гравийных материалов в зоне отложения – ниже с.п. Чегем Второй. Данные расчеты позволяют проводить выборку аллювиальных пород (песок, песчано-гравийная смесь, гравий и галька) в русле реки без ущерба для природно-руслового комплекса. Выборка слишком большого или недостаточного объема может привести к значительной деформации русла с последующими негативными последствиями: размыву и обрушению береговых откосов, повышению уровня русла, выходу реки за пределы поймы и затоплению прибрежной территории.

Материалы и методы исследований.

Исходными данными являются натурные обследования авторов русла р. Чегем, выполненные в мае 2023 г., включающие в себя морфометрические и гидрологические работы. Источником информации послужили данные Кадастра селевой опасности Юга Европейской части России [5], а также анализ архивных материалов ФГБУ ВГИ, КБ ЦГМС и космоснимков.

Результаты и их обсуждение. На реках Кабардино-Балкарской Республики по выемке

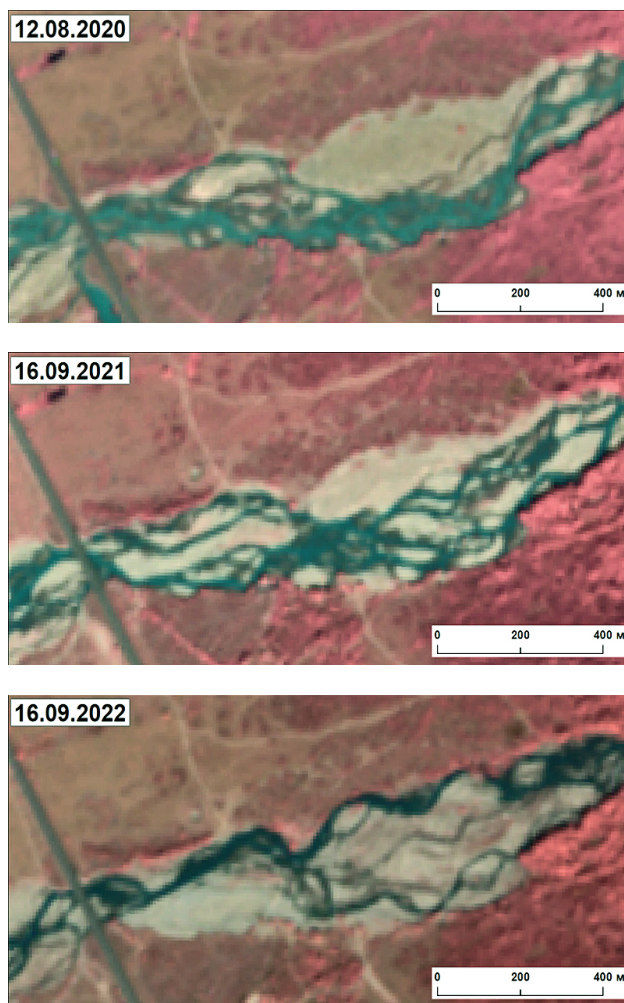


Рис. 1. Изменения руслового режима р. Чегем в районе карьера (космоснимки)

Fig. 1. Changes in the river bed regime of the Chegem River in the quarry area (space images, <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>)

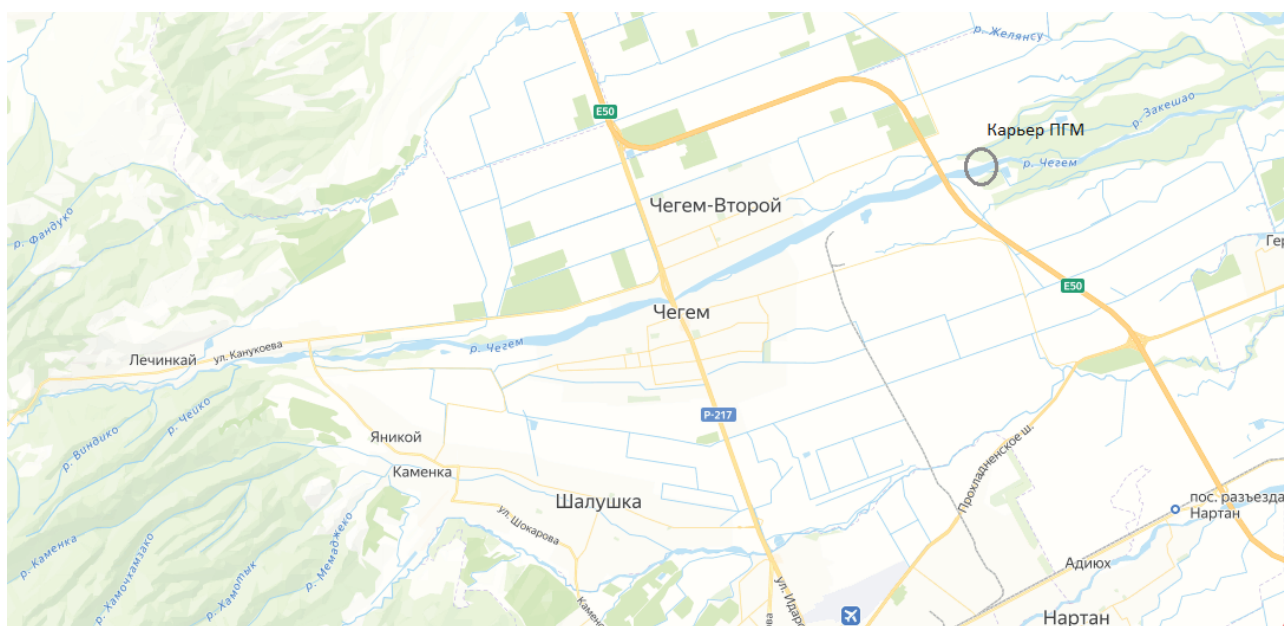


Рис. 2. Картограмма расположения карьера песчано-гравийных материалов

Fig. 2. Map of the location of the object under study

грунта организован 21 карьер по добыче песчано-гравийного материала из русла рек, в том числе на реках Черек – 9, Баксан – 5, Малка – 4, Чегем – 3 [6].

По данным Кадастра, все селевые притоки р. Чегем расположены выше с.п. Лечинкай [5]. Река Чегем не является селеносной. Однако в бассейне р. Чегем находятся 47 селеносных притоков (21 левых, 26 правых), которые выносят в основное русло большое количество рыхлообломочных песчано-гравийных материалов. Все бассейны селеносных притоков занимают площадь около 541 км², что составляет 62,6% от общей площади бассейна р. Чегем.

Ниже приводятся расчеты по определению морфометрических и гидрологических параметров р. Чегем в районе руслового карьера ниже с.п. Чегем Второй (рис. 3), выполненные согласно работам [7-10], на основе материалов натурных обследований авторов, архивных данных ФГБУ ВГИ и КБ ЦГМС.

Исследуемый участок – русло р. Чегем, где ведутся карьерные работы по выборке песчано-гравийных материалов. На данном участке русла, в связи с уменьшениями уклонов, наблюдается зона отложения аллювиальных пород. Аллювий реки сложен обломочным



Рис. 3. Карьер по выборке песчано-гравийных материалов в русле р. Чегем (фото И.И. Батчаева, 2023 г.)

Fig. 3. Quarry for sand and pebble sampling material in the riverbed Chegem (Photo by Batchaev I.I., 2023.)

материалом: галька, гравий, часто – чистый песок. Максимальные размеры гальки в поперечнике составляют 10-12 см. Особенностью карьера шириной 110-130 м и длиной более 300 м является его размещение непосредственно в русле реки. Глубина выборки составляет от 4 до 6 м. В связи с тем, что карьер является русловым, по мере выборки грунтового материала река постоянно меняет свое направление. Поэтому при разработке карьера одним из основных условий обеспечения устойчивости русла является установление нормы добычи грунтового материала, которая будет соответствовать годовому поступлению твердых наносов на данный участок реки.

Определение основных параметров производится методом гидрологической аналогии с построением региональных зависимостей стоковых характеристик от основных физико-географических факторов бассейна реки.

Расчеты по определению твердого стока в русле р. Чегем в районе карьера состоят из следующих 6 этапов.

1. Расчет максимального расхода воды 1%-ной обеспеченности в исследуемом водотоке при наличии реки-аналога производится по формуле [7]:

$$Q_{\partial\%} = q'_{\partial\%,a} \varphi_m (\delta\delta_2 / \delta_a \delta_{2a}) A, \quad (1)$$

где $q_{\partial\%,a}$ – модуль максимального расхода воды реки-аналога расчетной вероятности превышения $P_{\%}$, м³/с км², определяется по формуле:

$$q_{\partial\%,a} = \frac{Q_{\partial\%,a}}{A_a}, \quad (2)$$

где φ_m – коэффициент, учитывающий редукцию максимального модуля стока дождевого паводка, $q_{1\%}$, с увеличением площади водосбора A , км², или продолжительности руслового времени добегания τ_d , мин, рассчитывают в зависимости от значения коэффициента η_Φ , представляющего отношение коэффициентов формы водосбора исследуемой реки и реки-аналога, определяющегося по формуле:

$$\eta_\Phi \approx LA_a^{0,56} / L_a A^{0,56}. \quad (3)$$

Ниже приводятся расчеты расхода 1%-ной обеспеченности в створе русла р. Чегем.

Морфометрические характеристики р. Чегем в исследуемом створе:

- площадь водосбора $A = 864,0$ км²;
- длина русла $L = 85$ км;
- средневзвешенный уклон русла $I = 50\%$;
- отсутствие озерности и заболоченности.

В качестве реки-аналога была выбрана р. Чегем на участке гидрологического поста (ГП) с.п. Нижний Чегем:

- площадь водосбора $A = 739,0$ км²;
- длина русла $L = 54,0$ км;
- средневзвешенный уклон $I = 69\%$.

Максимальный расход воды р. Чегем 1%-ной обеспеченности, по данным гидрологического поста первого разряда ГП-1 Нижний Чегем, составляет $248,0 \text{ м}^3/\text{с}$ (по данным КБ ЦГМС):

$$q_{1\%a} = \frac{248}{739} = 0,3356;$$

$$\eta_\phi = \frac{L A_a^{0.56}}{L_a A^{0.56}} = \frac{85 \cdot 739^{0.56}}{54 \cdot 864^{0.56}} = 1,44 < 1,5.$$

При $\eta_\phi < 1,5$ расчетное значение коэффициента ϕ_m определяется по формуле (4) [7]:

$$\phi_m = (F_a / F)^n. \quad (4)$$

Тогда $\phi_m = (\hat{A}_a / \hat{A})^n = (739/864)^{0.15} = 0,9768$;

$$Q_{1\%} = 0,3356 \cdot 0,9768 \cdot 1 \cdot 864,0 = 283,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Максимальный расход воды р. Чегем 1%-ной обеспеченности в районе карьера ниже с.п. Чегем Второй составил $283,2 \text{ м}^3/\text{с}$.

2. Максимальный расход селевого паводка 1%-ной обеспеченности определяется по формуле [10]:

$$Q_{в1\%} = Q_{1\%} \frac{3}{1 - S_{01\%}}, \quad (5)$$

где $S_{01\%}$ – объемная концентрация твердых материалов в селевой массе, определяемая в зависимости от коэффициента селеактивности μ , принимается равной 0,339:

$$Q_{с1\%} = 283,2 \frac{3}{1 - 0,339} = 1285,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3. Объем селевого паводка 1%-ной обеспеченности определяется в зависимости от объема дождевого паводка и коэффициента селенасыщенности по формуле [10]:

$$W_{в1\%} = W_{1\%} \Psi_W. \quad (6)$$

Объем дождевого паводка определяется по формуле:

$$W_{в1\%} = q_{1\%} \cdot m_a \cdot \lambda_p \cdot F \cdot C_p \cdot 10^3, \quad (7)$$

где m_a – коэффициент, зависящий от гидрологического района расположения водосбора, принимаемый равным 0,75; F – площадь водосбора р. Чегем до исследуемого створа; λ_p – переходной коэффициент от селевого расхода обеспеченности; $P = 1\%$ к расходу другой обеспеченности; C_p – коэффициент селевого паводка, зависящий от продолжительности бассейнового времени добегания (τ).

$$W_{в1\%} = 1,54 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 864 \cdot 70,5 \cdot 10^3 = 70353,4 \text{ м}^3;$$

$$W_{с2\%} = 70353,4 \cdot 0,86 = 60504,0 \text{ м}^3.$$

Коэффициент селенасыщенности определяется по формуле:

$$\Psi_W = \frac{1}{W_{отр}}, \quad (8)$$

где $W_{отр}$ – коэффициент текучести селевой массы для пиковой фазы, определяемый по формуле:

$$W_{отр} = 1 - \frac{S_{оп}}{S_{пт}} \geq 0,050, \quad (9)$$

где $S_{пт}$ – предельная объемная концентрация твердых материалов в селевой массе, при которой она теряет свойства текучести:

$$\Psi_{W1\%} = \frac{1}{0,61} = 1,64;$$

$$\Psi_{W2\%} = \frac{1}{0,67} = 1,49;$$

$$W_{с1\%} = 70353,4 \cdot 1,64 = 115380,0 \text{ м}^3;$$

$$W_{с2\%} = 60504,0 \cdot 1,49 = 90151,0 \text{ м}^3.$$

4. Объем выноса твердых материалов за расчетную волну селевого паводка определяется по формуле [10]:

$$W_{тп} = S_{оп} \cdot W_{ср}; \quad (10)$$

$$W_{т1\%} = 0,275 \cdot 115380,0 = 31730,0 \text{ м}^3;$$

$$W_{т2\%} = 0,229 \cdot 90151,0 = 20645,0 \text{ м}^3.$$

5. Объем среднегодового твердого стока с селевого бассейна за расчетную волну определяется по формуле [10]:

$$\overline{W_{тп}} = K_T \cdot W_{т2\%}, \quad (11)$$

где K_T – коэффициент перехода от 2%-ной обеспеченности единичного паводка к средней величине за год, в данном случае принимаемый равным 0,20.

$$\overline{W_{тп}} = 0,20 \cdot 20645,0 = 4129,0 \text{ м}^3.$$

6. По архивным данным гидрологического поста первого разряда ГП-1 Нижний Чегем, в среднем за год по р. Чегем проходит 5 паводков, тогда объем среднегодового твердого стока в расчетном створе русла р. Чегем будет составлять:

$$4129,0 \times 5 = 20645 \text{ м}^3.$$

Объем среднегодового твердого стока в русле р. Чегем в районе карьера на объездной автодороге ниже с.п. Чегем Второй составляет $20,6 \text{ тыс. м}^3$.

Выводы

Проведенные исследования показали, что большие объемы крупнообломочного материала, которые в верховьях выносятся в русло р. Чегем многочисленными селевыми притоками, переносятся водным потоком вниз по течению и откладываются в предгорной зоне, где уклоны русла реки резко уменьшаются. На таких участках и закладываются карьеры ПГМ, объемы добычи которых необходимо корректировать, опираясь на расчетные данные гидроморфометрических параметров и паводкового режима реки.

Выработка русловых карьеров приводит к значительным изменениям русла реки. Русловые карьеры оставляют после себя выемки глубиной 4-8 м, которые занимают в основном всю ширину русла. Объем выработок грунтового материала редко регламентируется с точки зрения стока твердых наносов и русловых процессов. Довольно часто добываемый в русле материал не может быстро восполняться ввиду выборки больших объемов и недостаточной транспортирующей

способности реки. На таких участках необходимо проведение берегоукрепительных работ.

В результате исследований была выявлена необходимость периодического мониторинга в целях получения актуальных гидроморфометрических данных о состоянии р. Чегем и русловых процессов, корректировке объемов добычи песчано-гравийных материалов в зависимости от паводкового режима с минимальным негативным воздействием на русловые процессы реки.

Список использованных источников

1. Беркович К.М., Злотина Л.В., Турыкин Л.А. Природно-ориентированные подходы к добыче аллювиальных строительных материалов из речных русел и пойм // Вестник Удмурского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2012. Вып. 3. С. 3-13.
2. Беркович К.М. Учет современной динамики русла реки Камы ниже Воткинского гидроузла при планировании добычи песчано-гравийных материалов / Ившин С.Ю., Турыкин Л.А., Злотина Л.В. // Двадцать седьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозийных, русловых и устьевых процессов: Сборник докладов кратких сообщений. М.: МГУ, 2012. С. 71-73.
3. Батчаев И.И., Чигирова Л.Б. Развитие русловых процессов в р. Черек в результате строительства Кашхатауской ГЭС (КБР) // Природообустройство. 2022. № 1. С. 70-75.
4. Реестр зарегистрированных в АГКГН географических названий объектов на 16 декабря 2021 г. Кабардино-Балкарская Республика.
5. Кондратьева Н.В. Кадастр селевой опасности Юга Европейской части России / Кондратьева Н.В. Аджиев А.Х., Беккиев М.Ю. и др. М.: Нальчик: Феория, 2015. 148 с.
6. Сарахова М.А. Оценка экологического и экономического рисков при проведении руслорегулирующих и берегоукрепительных работ на горных реках северных склонов Центрального Кавказа / Сарахова М.А., Якимов А.В., Шаповалов М.И. и др. // Вестник АГУ. 2013. Вып. 4 (125). С. 95-102.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / Рождественский А.В. Гидрологический институт. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.
8. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М., 2004. 75 с.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8. Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 411 с.
10. Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей ВСН 03-76. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 27 с.

Об авторе

Лейля Барасбиевна Чигирова, научный сотрудник ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»; SPIN-код: 2514-0996, AuthorID: 922856, Leilyach@yandex.ru

Критерии авторства / Authorship criteria

Чигирова Л.Б. выполнила экспериментальные и теоретические исследования, на основании которых провела обобщение и написала рукопись, имеет на статью авторское право и несет ответственность за плагиат.

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 26.02.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 14.04.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 14.04.2024

References

1. Berkovich K.M., Zlotina L.V., Turykin L.A. Nature-based approaches to the extraction of alluvial building materials from river beds and floodplains // Bulletin of Udmur University. Biology series. Geosciences. 2012. Vol. 3. P. 3-13
2. Berkovich K.M., Ivshin S.Yu., Turykin L.A., Zlotina L.V. Taking into account the modern dynamics of the Kama River bed below the Votkinsk hydroelectric complex when planning the extraction of sand and gravel materials. // In the book: Twenty-seventh plenary inter-university coordination meeting on the problem of erosion, channel and estuarine processes. Reports and short communications. Interuniversity Scientific Coordination Council on the problem of erosion, channel and estuarine processes at Moscow State University. 2012. P. 71-73.
3. Batchaev I.I., Chigirova L.B. Development of channel processes in the river. Cherek as a result of the construction of the Kashkhatau hydroelectric power station (KBR) // Environmental management. 2022. N1. P. 70-75
4. Register of geographical names of objects registered in the AGKGN as of December 16, 2021 Kabardino-Balkarian Republic.
5. Inventory of mudflow hazard in the south of the European part of Russia / Kondrat'yeva N.V., Adzhiyev A.KH., Bekkiyev M.YU. Moscow. Nal'chik. Publ. Feoriya, 2015. 148 p.
6. Sarahova M.A., Yakimov A.V., Shapovalov M.I. etc. Assessment of environmental and economic risks when carrying out channel regulation and bank protection works on mountain rivers of the northern slopes of the Central Caucasus // Bulletin of ASU. 2013. Issue. 4 (125). P. 95-102
7. A manual for determining calculated hydrological characteristics / Rozhdestvensky A.V. Hydrological Institute. Leningrad, Gidrometeoizdat. 1984. 248 p.
8. SP 33-101-2003 Determination of the main calculated hydrological characteristics. Moscow. 2004. 75 p.
9. Surface water resources of the USSR. Volume 8. North Caucasus. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1973. 411 p.
10. Instructions for determining the design characteristics of rain mudflows VSN03-76. Leningrad, Gidrometeoizdat. 1976. 27 p.

Information about authors

Leilya B. Chigirova, Researcher FSBI "High-Mountain Geophysical Institute; SPIN-code: 2514-0996, AuthorID: 922856, Leilyach@yandex.ru

Chigirova L.B. carried out experimental and theoretical studies, on the basis of which the generalized and wrote the manuscript, they have a copyright on the article and are responsible for plagiarism. Chigirova