

Оригинальная статья

УДК 502/504: 551.311.21

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-70-75

РАЗВИТИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В Р. ЧЕРЕК В РЕЗУЛЬТАТЕ СТРОИТЕЛЬСТВА КАШХАТАУСКОЙ ГЭС (КБР)

БАТЧАЕВ ИЛЪЯС ИБРАГИМОВИЧ, научный сотрудник

ebatcha17i@yandex.ru

ЧИГИРОВА ЛЕЙЛЯ БАРАСБИЕВНА ✉, научный сотрудник

Leilyach@yandex.ru

Высокогорный геофизический институт; 360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 2, Россия

Цель работы – провести исследования, направленные на выявление опасных участков, примыкающих к населенному пункту Бабугент, в результате изменений русловых процессов на слиянии рек Черек Балкарский и Черек Безенгийский. На данном участке проведены натурные обследования русел рек, резкие изменения которых начались со строительством плотины для Кашхатауской ГЭС в 1 км ниже по течению. В результате натурного обследования выявлены участки с большим количеством отложившегося материала в руслах рек Черек Балкарский и Черек Безенгийский, а также размыв берегового склона надпойменной террасы, где расположено сельское кладбище. В соответствии с данными полевых работ проведены расчеты по определению высоты уровня воды в зависимости от максимальных расходов паводковых вод разной процентной обеспеченности. По результатам расчетов и натурных обследований определены зоны затопления и подтопления территорий с.п. Бабугент, который расположен между реками Черек Балкарский и Черек Безенгийский. В зону затопления и подтопления подпадают 22 приусадебных участка и домовладений частного сектора села. Даны рекомендации по проведению необходимых мероприятий для обеспечения безопасности жизнедеятельности людей и инфраструктуры села.

Ключевые слова: бассейн реки, максимальный расход, уровень воды, зона затопления, речные наносы

Формат цитирования: Батчаев И.И., Чигирова Л.Б. Развитие русловых процессов в р. Черек в результате строительства Кашхатауской ГЭС (КБР) // Природообустройство. – 2022. – № 1. – С. 70-75. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-70-75.

© Батчаев И.И., Чигирова Л.Б., 2022

Original article

DEVELOPMENT OF RIVERBED PROCESSES IN THE CHEREK RIVER AS A RESULT OF THE CONSTRUCTION OF THE KASHKHATAU HPP (KBR)

BATCHAEV ILYAS IBRAGIMOVICH, a researcher

ebatcha17i@yandex.ru

CHIGIROVA LEILYA BARASBIEVNA ✉, a researcher

Leilyach@yandex.ru

High-Altitude Geophysical Institute; 360030, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, pr. Lenina, 2, Russia

The purpose of the work is to conduct research aimed at identifying dangerous areas adjacent to the village of Babugent as a result of changes in the channel processes at the confluence of the Cherek Balkarsky and Cherek Bezengiysky rivers. On this site, field surveys of channels were carried out, the sharp changes of which began with the construction of a dam for the Kashkhatau hydroelectric power plant 1 km downstream. As a result of the field survey, areas with a large amount of deposited material in the beds of the Cherek Balkarsky and Cherek Bezengiysky rivers were identified, as well as erosion of the coastal slope of the floodplain terrace, where the rural cemetery is located. According to the data of the field work, calculations were carried out to determine the height of the water level depending on the maximum flow rates of flood water of different percentage provision. Based on the results

of the calculations and field surveys, the zones of flooding and underflooding of the territories of the Babugent village, which is located between the Cherek Balkarsky and Cherek Bezengiysky rivers, have been determined. 22 household plots and households of the private sector of the village fall into the zone of flooding and underflooding. Recommendations are given on carrying out the necessary measures to ensure the safety of people's livelihood and the infrastructure of the village.

Keywords: river basin, maximum flow, water level, flooding area, river-born sediments

Format of citation: Batchaev I.I., Chigirova L.B. Development of riverbed processes in the Cherek iver as a result of the construction of the Kashkhatau HPP (KBR) // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – № 1. – S. 70-75. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-70-75.

Введение. Реки Черек Балкарский и Черек Безенгийский берут начало с ледников Главного Кавказского хребта и несут свои воды на северо-восток, где, соединившись в один поток в районе с.п. Бабугент, образуют реку Черек, которая является рекой 4 порядка и относится к бассейну Каспийского моря. Водосборная территория этих рек расположена в горной и предгорной зонах, с расчлененным рельефом и большими перепадами высот. Выше слияния между реками расположилось с.п. Бабугент, причем р. Черек Балкарский протекает справа от села, а р. Черек Безенгийский – слева.

Длина рек Черек Балкарский и Черек Безенгийский составляет 54 км и 51 км соответственно. Уклоны русел рек меняются от 200‰ до 400‰ и более. Река Черек Балкарский имеет 38 притоков, из которых 25 – селеносные, а в реку Черек Безенгийский впадают 49 водотоков, в том числе 26 селеносных [1].

В период обильных осадков по селеносным притокам в русла рек Черек Балкарский и Черек Безенгийский селевыми потоками выносятся большое количество рыхлообломочного материала. Ввиду больших уклонов русел рек вынесенный рыхлообломочный материал уносится потоком на большие расстояния, постепенно откладываясь ниже по течению. Максимальное количество отложения наносов приходится на период селевой активности с мая по сентябрь, когда проходит примерно 75% объема годового стока. Средние многолетние расходы по р. Черек Безенгийский колеблются от 4 м³/с в межень (декабрь-март) до 48,5 м³/с в половодье (май-сентябрь). Средние многолетние расходы по р. Черек Балкарский колеблются от 6 в межень (декабрь-март) до 69 м³/с в половодье (май-сентябрь). Наибольшие значения расходов воды, зафиксированные на гидрологических постах (ГП) р. Черек Безенгийский и ГП р. Черек Балкарский в с.п. Бабугент, – это 85,5 м³/с в 2016 г. (11 лет наблюдений) и 226 м³/с в 1953 г. (61 год наблюдений) соответственно. Данные представлены Кабардино-Балкарским центром гидрометеослужбы, филиалом ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС».

Материалы и методы исследований. В поймах р. Черек Балкарский и р. Черек Безенгийский в черте населенного пункта Бабугент были проведены полевые работы для определения изменения русловых процессов и выявления зон затопления и подтопления при максимальных значениях подъема уровня воды в реке (рис. 1) [2].



Рис. 1. Зона обследования прибрежной полосы рек Черек Балкарский и Черек Безенгийский

Fig. 1. The area of survey of the coastal strip of the rivers Cherek Balkarsky and Cherek Bezengiysky

При проведении натурных исследований были использованы измерительные инструменты: лазерный дальномер Nikon Laser 800s, лазерный измерительный прибор Leica DISTO A5, навигатор GPS MAP 64 ST, фотоаппарат Nikon COOLPIX S9500, а также географические карты, космо- и аэрофотоснимки.

Результаты исследований. Примерно в 1 км ниже слияния рек Черек Балкарский и Черек Безенгийский находится водохранилище Кашхатауской ГЭС, строительство которой была начата в 1993 г. и завершено в 2006 г. В результате строительства плотины водная гладь водохранилища растянулась примерно на 3 км, затопив всю пойму р. Черек Балкарский.

Ширина поймы на данном участке в пределах с.п. Бабугент составляет от 160 м до 215 м. До строительства плотины максимальная ширина реки здесь составляла 12-15 м. В результате подъема уровня воды в водохранилище скорости водных потоков рек резко снизились и влекомые наносы начали откладываться непосредственно в районе с.п. Бабугент [3]. В этой зоне мутность воды изменяется в пределах от 0% в зимние месяцы до 2% по весу летом в паводки. Количество взвешенных наносов, проносимых реками Черек Балкарский и Черек Безенгийский за год, колеблется от 675,4 до 1045,1 тыс. т [4, 5].

Значительные объемы наносов, проносимые р. Черек Безенгийский, откладываются в районе слияния и примерно на 3/4 перекрыли в поперечном направлении пойму основной р. Черек, отеснив р. Черек Балкарский к правому берегу. Отложения речных наносов на этом участке – это в основном среднезернистый материал. Мощность их достигает 2 м, а более мелкие частицы наносов откладываются ниже по течению, заполняя рабочий объем водохранилища (рис. 2) [6].

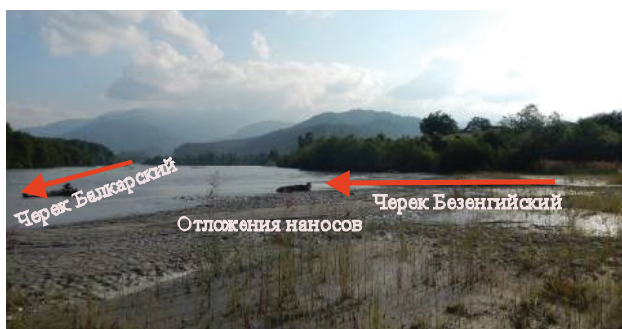


Рис. 2. Место слияния рек Черек Балкарский и Черек Безенгийский
Fig. 2. Place of the confluence of the Cherek Balkarsky and Cherek Bezengiytsky rivers

Вследствие отложения наносов поднялся уровень ложа р. Черек Безенгийский и появилась угроза размыва правобережного склона, где расположено сельское кладбище, а выше по течению на 1,5 км произошло затопление участков домовладений сельчан, которые вплотную прижимают к пойме реки. Левобережная надпойменная терраса на данном участке имеет высоту от 12 до 25 м, а максимальная высота правобережной составляет 0,1-1 м. Поэтому при прохождении паводковых вод, особенно на поворотных участках, река, не встречая препятствий, разливается в правую сторону, затапливая прибрежную территорию. Для предотвращения затопления ежегодно на данном участке вдоль

правого берега в пойме реки по распоряжению представителей местной власти периодически сооружается дамба из местного грунтового материала. В паводковый период бурные воды реки размывают дамбу, и весь грунтовый материал уносится потоком, откладываясь ниже по течению в районе слияния с р. Черек Балкарский.

Наибольшую угрозу с.п. Бабугент представляют наносы реки Черек-Балкарский (в основном мелкозернистый материал, который откладывается с верховой стороны от поперечной преграды вследствие малых скоростей), что привело к подъему уровня ложа поймы реки примерно на 1,5 м. Глубина же воды вдоль левого берега колеблется от 1,5 до 2 м. В результате подъема уровня воды частные домовладения с.п. Бабугент вдоль левого берега р. Черек Балкарский оказались в зоне затопления и подтопления. Осмотр частных домовладений в прибрежной полосе с опросом местных жителей показал, что в паводковый период фактически затоплению и подтоплению подвергаются 12 домовладений. В подвалах этих домов наблюдается высачивание грунтовых вод до 0,2-0,3 м и более.

Для обозначения границы зоны затопления проведены расчеты высоты уровня стока в зависимости от максимальных значений расходов воды в реке.

По данным гидрологического поста, на р. Черек Балкарский с.п. Бабугент максимальный расход воды 1%-ной обеспеченности составляет 226 м³/с. Длина реки составляет 51 км, площадь водосбора – 695 км², средняя высота водосбора – 2590 м, средневзвешенный уклон русла – 75‰.

На территории исследования прибрежной полосы р. Черек Балкарский заложено три створа для более подробного изучения гидрологических параметров русла [2].

Расчетные наивысшие уровни воды дождевых паводков определены по кривым зависимости $h = f(Q)$ по формуле Шези с использованием данных полевых работ [7-11]:

$$Q = V\omega \quad V = c\sqrt{Ri} \quad R = \frac{\omega}{\chi} \quad C = \frac{1}{n} R^{1/6},$$

где h – высота стока воды, м; ω – площадь смоченной поверхности, м²; χ – периметр смоченной поверхности, м; R – гидравлический радиус, м; C – коэффициент Шези; V – скорость потока, м/с; Q – расход воды, м³/с; n – коэффициент шероховатости русла, определяемый по приложению Б (табл. Б.12) [2]; для створов № 1, № 2 и № 3 $n = 0,065$; i – уклон русла в створе, определяемый по данным натурных обследований (для створа № 1 составляет 0,015, для створа № 2-0,015, для створа № 3-0,015).

Расчеты основных параметров водного потока для створов № 1, № 2, № 3 р. Черек Балкарский с.п. Бабугент приведены в таблице 1.

Основные параметры водного потока для створов № 1, № 2 и № 3

Table 1

Key parameters of water flow for alignments № 1, № 2 and № 3

№ Створа № of alignment	Высота стока h , м Height of the flow h , m	Площадь, ω , m^2 Area, ω , m^2	Смоченный периметр, χ , м Wetted perimeter, χ , m	Гидравлический радиус R , м Hydraulic radius R , m	Уклон Slope	Коэффициент Шези, c Coefficient Chezi, s	Скорость V , м/с Velocity V , m/s	Расход Q , m^3/c Flow Q , m^3/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,4	57,2	144,24	0,396	0,015	13,18	1,01	57,8
1	0,7	100,5	144,81	0,694	0,015	14,47	1,48	148,8
1	1,0	143,6	145,8	0,985	0,015	15,34	1,86	267,1
2	0,3	58,13	203,9	0,285	0,015	12,476	0,81	47,4
2	0,5	98,84	204,35	0,4837	0,015	13,626	1,16	114,6
2	0,7	139,45	205,74	0,6778	0,015	14,41	1,45	202,2
2	0,8	160,21	190,68	0,84	0,015	14,94	1,677	268,7
3	0,4	60,8	153,72	0,3955	0,015	13,177	1,01	61,4
3	0,6	91,2	154,48	0,59	0,015	14,086	1,32	120,4
3	1,0	152,2	156,1	0,975	0,015	15,31	1,85	281,6

По кривым зависимости $h = f(Q)$ определены значения высоты стока и уровня воды в створе от максимального расхода воды разных обеспеченностей.

Высота стока и уровня воды в створах русла р. Черек Балкарский с.п. Верхняя Балкария в зависимости от максимального расхода воды разной процентной обеспеченности

приведена в таблице 2. Для определения уровня воды в русле реки используется Балтийская система высот.

В районе заложения 1 створа высота левобережной надпойменной террасы достигает 9 м и более, а максимальная высота стока – 0,9 м, поэтому угроза затопления на этом участке отсутствует.

Таблица 2

Высота стока и уровня воды в русле реки в зависимости от расхода воды

Table 2

Height of the flow and water level in the river channel depending on the water flow

Параметр Parameter	№ створа № of alignment	P%					
		1	3	5	10	25	50
$Q_{P\%}$, m^3/c		226,0	178,54	169,50	135,60	99,44	67,80
h , м	1	0,9	0,75	0,72	0,61	0,52	0,44
H , мБС	1	748,9	748,75	748,72	748,61	748,52	748,44
h , м	2	0,75	0,63	0,6	0,52	0,44	0,35
H , мБС	2	743,75	743,63	743,6	743,52	743,44	743,35
h , м	3	0,88	0,75	0,71	0,60	0,50	0,44
H , мБС	3	741,88	741,75	741,71	741,60	741,50	741,44

На территории, прилегающей к сельскому кладбищу со стороны р. Черек Балкарский в районе заложения створа № 3, высота надпойменной террасы достигает 8-10 м, а максимальная высота стока – 0,88 м. Угроза затопления данного участка также отсутствует. Затопливается зона прибрежной полосы в районе заложения створа № 2, где перепад высот от частных домовладений до НПУ (нормальный подпорный уровень) водохранилища

составляет всего 0,4-0,5 м, максимальная высота стока составляет 0,75 м (рис. 3) [7].

Проведенные расчеты показали, что при прохождении паводка 10%-ной обеспеченности (один раз в 10 лет) высота стока в реке поднимается на 0,52 м, и прибрежная полоса с домовладениями оказывается в зоне затопления. При прохождении же паводка 1%-ной обеспеченности (один раз в 100 лет), где высота стока будет составлять 0,75 м, в зону

затопления и подтопления подпадают 22 домовладения с приусадебными участками.



Рис. 3. Зона затопления территории частных домовладений

Fig. 3. Flood zone of the territory of private households

Выводы

Большие объемы наносов, выносимые горными реками, создают дополнительные трудности при эксплуатации ГЭС, сокращая рабочий объем водохранилища, а также несут угрозу для жизнедеятельности и инфраструктуры населенных пунктов, расположенных в прибрежных зонах рек и водохранилищ.

Вследствие сооружения плотины Кашхатауской ГЭС образовалось водохранилище ниже слияния рек Черек Балкарский и Черек Безенгийский. Это привело к резкому снижению

Библиографический список

1. Кадастр селевой опасности юга европейской части России / Под ред. Н.В. Кондратьевой. – М.: ООО «Феория», 2015. – 144 с.
2. РД 52.30.238-89. Руководство селестокровым станциям и гидрографическим партиями. – Вып. 1. Организация и проведение работ по изучению селей. – М.: Гидрометеоздат, 1990. – 200 с. – URL: <https://mgk-ip.ru/docs/1200082883/0/0>.
3. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 455 с.
4. Справочник по водным ресурсам СССР. – Т. 10. Северный Кавказ. – Л.: Редиздат, 1936. – 1095 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008990250>.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. – Т. 8. – Л.: Гидрометеоздат, 1964. – 311 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008282466>.
6. Батчаев И.И., Чигирова Л.Б. Труды Всероссийской научно-практической конференции «Бассейн реки Терек: проблемы регулирования, восстановления и реабилитации

скоростей водных потоков и отложению огромного количества мелко- и среднезернистого материала в поймах рек в районе с.п. Бабугент, что в свою очередь привело к затоплению и подтоплению частного сектора села и размыву склона надпойменной террасы, где расположено кладбище.

Для предотвращения угрозы жизнедеятельности населения необходимы мероприятия по укреплению береговых склонов.

По реке Черек Хуламский, в районе сельского кладбища, где наблюдается размыв прибрежного склона с угрозой разрушения территории кладбища, необходимо провести берегоукрепительные мероприятия.

Необходима периодическая очистка поймы реки от наносов в месте слияния с р. Черек Балкарский.

Выше кладбища, на всем протяжении села, необходимо провести руслорегулирующие работы. Для этого рекомендуется железобетонное сооружение – водоотводящая дамба с обратной засыпкой высотой не менее 1,5 м.

По реке Черек Балкарский, в пойме реки, на всем протяжении селения Бабугент накопилось большое количество отложений наносов. На данном участке необходимы работы по очистке русла от наносов.

Следует также рассмотреть возможность переселения семей, домовладения которых находятся в зоне затопления и подтопления.

References

1. Kadastr selevoj opasnosti yuga evropejskoj chasti Rossii / Pod red. N.V. Kondratjevoj. – М.: ООО “Feoriya”, 2015. – 144 s.
2. RD52.30.238-89. Rukovodstvo selestokrovym stantsiyam i gidrograficheskim partiyam. Vyp. 1. Organizatsiya i provedenie rabot po izucheniyu selej. – М.: Gidrometeoizdat, 1990. – 200 s. <https://mgk-ip.ru/docs/1200082883/0/0>
3. Baryshnikov N.B., Popov I.V. Dinamika ruslovyh potokov i ruslovye potsessy. – L.: Gidrometeoizdat. 1988. – 455 s.
4. Spravochnik po vodnym resursam SSSR t. 10. Severnyj Kavkaz. – L.: Redizdat. 1936. – 1095 s. <https://search.rsl.ru/ru/record/01008990250>
5. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost t. 8. – L.: Gidrometeoizdat, 1964. – 311 s. <https://search.rsl.ru/ru/record/01008282466>
6. Batchaev I.I., Chigirova L.B. Trudy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferentsii “Bassijn reki Terek: problemy regulirovaniya, vosstanovleniya i reabilitatsii vodnyh objektov”. – Pyatigorsk: OAO “Sevkavgiprovodhoz”, 2015. – S. 129-131.

водных объектов». – Пятигорск: ОАО «Севкав-гипроводхоз», 2015. – С. 129-131.

7. **Михайлов В.Н., Добролюбов С.А.** Гидрология: Учебник для вузов – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 752 с.

8. **Спицын И.П., Соколова В.А.** Общая и речная гидравлика: Учебник для вузов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 358 с.

9. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии и контролю природ. среды, Межвед. ком. СССР по междунар. гидрол. прогр.; Сост. А.В. Рождественский и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 247 с.

10. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. – М.: «Энергия», 1972. – 238 с.

11. **Ломтадзе В.Д.** Инженерная геология. – Л.: «Недра», 1977. – 479 с.

Критерии авторства

Батчаев И.И., Чигирова Л.Б. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Батчаев И.И., Чигирова Л.Б. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию: 14.10.2021 г.

Одобрена после рецензирования 21.01.2022 г.

Принята к публикации 09.02.2022 г.

7. **Mikhailov V.N., Dobrolyubov S.A.** Gidrologiya: uchebnik dlya vuzov. – M.; Berlin: Direkt-Media, 2017. – 752 s.

8. **Spitsyn I.P., Sokolova V.A.** Obshchaya i rechnaya gidravlika: uchebnik dlya vuzov. – L.: Gidrometeoizdat, 1990. – 358 s. ISBN5-286-00437-7 (V per.)

9. Mezhdunarodnoe rukovodstvo po metodam rascheta osnovnyh gidrologicheskikh harakteristik / Gos. kom. SSSR po gidrometeorologii i kontrolyu prirod. sredy, Mezhved. kom. SSSR po mezhdun. gidrol. progr.; [Sost. A.V. Rozhdestvenskij i dr.]. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 247 s.

10. Spravochnik po gidravlicheskim raschetam / Pod red. Kiseleva P.G. – M.: “Energiya”, 1972. – 238 s.

11. **Lomtadze V.D.** Inzhenernaya geologiya. – L.: “Nedra”, 1977. – 479 s.

Criteria of authorship

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

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 14.10.2021

Approved after reviewing 21.01.2022

Accepted for publication 09.02.2022