

8. **Pavlov D.S.** Biologicheskie osnovy upravleniya povedeniem ryb v potoke vody. – M.: Nauka, 1979. – 320 s.

9. Issledovaniya i meropriyatiya, napravlenye na sohraneniye zapasov promyslovyh ryb v usloviyah stroitelstva i expluatatsii gidrotehnicheskikh objektov / Sbornik nauchnyh trudov Gidroprojekta vyp. 80 – M.: Gidroprojekt, 1982. – 163 s.

10. **Kozhiva O.M., Mamontova L.M.** Bakterioplankton Angarskikh vodohranilishch i statisticheskie metody ego analiza. – L.: Gidrometeoizdat, 1979. – 117 s.

11. **Edelshtein K.K.** Vodohranilishcha Rossii: ekologicheskie problem, puti ih resheniya. – M.: GEOS, 1998. – 277 s.

12. **Karnaukhova G.A., Kashik S.A.** Izmeneniye nekotorykh pokazatelej himicheskogo sostava vody Angarskikh vodohranilishch za period ih expluatatsii / Tezisy dokl. Mezhdun. nauch. konf. «Fundamentalnye problem vody i vodnyh resursov na rubezhe tretjego tysyacheletiya». – Tomsk: Izs-vo NTL, 2000. – S. 123-126.

The material was received at the editorial office  
13.01.2020

### Information about the authors

**Beglyarova Evelina Surenovna**, candidate of technical sciences, professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19.

**Sokolova Svetlana Anatoljevna**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: sokolovasvetlana@mail.ru

**Backstein Alexander Mikhailovich**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: bakshtanin@mail.ru

**Matveeva Tatyana Ivanovna**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: tat\_ka83@mail.ru

УДК 502/504:551.311.21

DOI 10.34677/1997-6011/2020-1-119-126

### И.И. БАТЧАЕВ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик, Республика Кабардино-Балкария, Российская Федерация

## СЕЛЕВАЯ УГРОЗА СЕЛУ КАРА-СУУ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

*Цель работы – выявление угрозы от селевых потоков для территории села Кара-суу и обеспечение безопасности жизнедеятельности местных жителей. В данной работе приводится анализ натурных маршрутных обследований трех селевых русел – Чинар-кол, Зыка-кол и Безымянный, угрожающих селу Кара-суу. Также приведены расчеты данных основных морфометрических характеристик селевых русел ежегодной вероятностью превышения 1% обеспеченности для сравнения с натурными данными и выявления негативного воздействия на с. Кара-суу и прилегающую инфраструктуру. Для русла Зыка-кол: получены максимальные значения расхода сошедшего селевого потока – 264 м<sup>3</sup>/с и скорости в 5,5 м/с; проведен сравнительный анализ параметров расчетных данных с натурными значениями сошедшего селевого потока; выявлена угроза жизнедеятельности людей и заноса частных домовладений с. Кара-суу; выявлена угроза безопасности функционирования опор высоковольтной ЛЭП, обеспечивающей электроэнергией выше расположенные три селения: Безенги, Булунгу и Эльтюбю, а также альпинистско-туристические объекты и городки-заставы погранвойск. Предложены мероприятия по проведению противоселевых мероприятий на селевых руслах рек Зыка-кол, Чинар-кол и суходоле Безымянный.*

*Селевые русла Чинар-кол и Зыка-кол, морфометрические характеристики, максимальный расход селевого потока, максимальный объем селевого потока 1% обеспеченности, объем единовременного выноса, угроза заноса.*

**Введение.** Целью работы является выявление угрозы территории с. Кара-суу и безопасности жизнедеятельности местных жителей от селевых потоков. В статье приводятся данные анализа натуральных маршрутных обследований 3-х селевых русел, расположенных на правом склоне долины реки Черек Безенгийский, которые угрожают с. Кара-суу с юго-восточной и юго-западной стороны (рис. 1). В «Кадастре лавинно-селевой опасности Северного Кавказа» данные селевые русла обозначены как безымянные под номерами 4-27 и 4-28 (2), представляющими угрозу селу Кара-суу, транспортным коммуникациям, сельскохозяйственным угодьям [1]. Для двух русел определены топонимические названия, полученные в результате опроса местных жителей. Название русла под номером 4-27 – русло Зыка-кол. Под номером 4-28 значатся 2 селевых русла общей водосборной площадью 2,4 км<sup>2</sup>. Больше русло носит название Чинар-кол (Буковая балка), а меньшее русло, расположенное между руслами Зыка-кол и Чинар-кол, называется Безымянное. Также в статье приводятся расчеты основных морфометрических характеристик селевых потоков с вероятностью ежегодного превышения 1% обеспеченности для сравнения с натурными данными и выявления негативного воздействия на с. Кара-суу и прилегающую инфраструктуру.

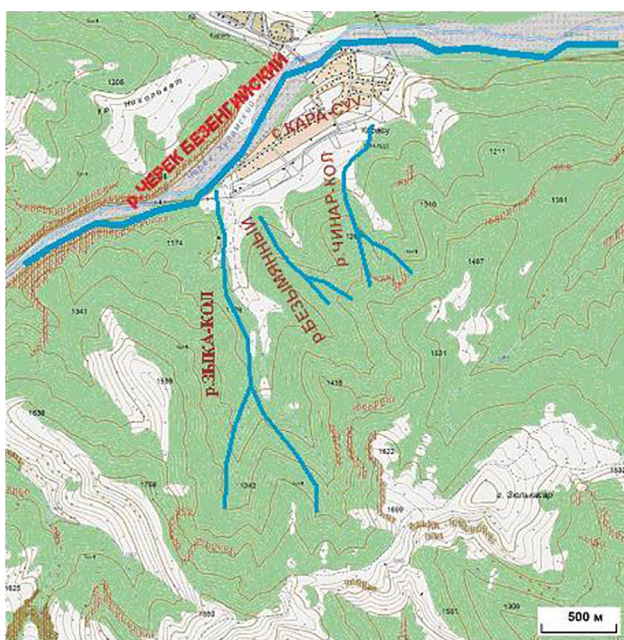


Рис. 1. Картосхема селевых русел в районе с. Кара-суу

**Материалы и методы исследования.** В работе используются материалы,

полученные при проведении натуральных исследований селевых русел 27 июля 2019 г., по способу определения маршрута близлежащих селевых бассейнов [2], во время обследования которых были использованы измерительные инструменты (лазерный дальномер Nikon Laser 800s, лазерный измерительный прибор Leica DISTO A5, навигатор GPSMAP 64 ST), а так же географические карты, космо- и аэрофотоснимки, которые также были использованы для анализа и расчетов основных характеристик селевых потоков.

**Результаты.** Селевое русло Безымянный (4-28 (2)) является суходолом и имеет общую протяженность около 1,2 км, конус выноса которого выходит на земельные участки и дома жителей с. Кара-суу.

Селевые потоки, сходящие по данному руслу, имеют дождевой генезис, водная часть их формируется от продолжительных или ливневых дождей на водосборной площади 0,65 км<sup>2</sup>.

Уклоны селевого русла изменяются от 740‰ в верхней и до 110‰ в нижней части при перепаде высот 340 м (от  $\nabla_{\max}$  1340 н.у.м до  $\nabla_{\min}$  1000 н.у.м). Средний уклон составляет 283‰.

Потенциально селевые массы аккумулируются в русле суходола Безымянный в результате оползания (смещения) береговых склонов (глинисто-щебенистых и песчано-гравийных грунтов), смыва грунта поверхностным стоком и размыва береговых склонов. Во время обильных дождей все эти массы вовлекаются в водный поток и выносятся на окраины с. Кара-суу, угрожая заносом сельхозугодиям и домам жителей села.

Натурные исследования р. Чинар-кол показали, что в верхней части русло сложено известняково-песчаными породами, покрытыми густым лесным массивом, где берет свое начало ручей родниково-дождевого питания.

Селевое русло р. Чинар-кол по длине больше русла суходола Безымянный и впадает в р. Черек Безенгийский, пересекая автодорогу Бабугент-Безенги на отметке  $\nabla$  990 н.у.м. Наивысшая точка водораздела расположена на отметке  $\nabla_{\max}$  1530 н.у.м. Площадь водосбора русла достигает 1,75 км<sup>2</sup>, а длина составляет 1,8 км. Средний уклон русла составляет 300‰ при перепаде высот 540 м.

В средней и нижней части русла имеются многочисленные заторы грунтово-каменных масс, в особенности на поворотных участках, образованные в основном поваленными деревьями и карчами (рис. 2).



Рис. 2. Селевые завалы в русле р. Чинар-кол

В низовой части селевое русло проходит по правой образующей (границе) древнего конуса выноса длиной 250 м. На этом участке прокоп, сооруженный для отвода селевых потоков от прямого воздействия на частные домовладения, шириной 13-15 м и длиной около 120 м – практически полностью заполнен селевыми выносами. Общая площадь современных селевых отложений в нижней части и на конусе выноса составляет около 20 тыс. м<sup>2</sup>. Объем селевых отложений на данном участке достигает 25 тыс. м<sup>3</sup> при мощности наносов от 0,7 м до 2,5 м.

Селевые потоки, проходящие по руслу р. Чинар-кол, угрожают завалом автодороге, частным домовладениям и сельскохозяйственным угодьям, а также безопасности жителей с. Кара-суу.

Русло р. Зыка-кол вплотную с юго-западной стороны примыкает к территории поселения Кара-суу и протекает в густом лесном массиве вплоть до конуса выноса. Селевые потоки, сходящие по руслу р. Зыка-кол, имеют дождевой генезис, водная часть которых формируется от таяния снегов и атмосферных осадков на водосборной площади, равной 3,3 км<sup>2</sup> [1]. Самый мощный селевой поток несвязного типа, сошедший по руслу р. Зыка-кол, был зафиксирован 18 июля 2009 г. [3].

Натурное обследование, проведенное в русле р. Зыка-кол, показало, что в верхней части селевого бассейна имеются два основных ответвления русла с примыкающими к ним многочисленными мелкими притоками. Правое русло имеет большую длину, чем левое. Самая высокая точка водосбора расположена на отметке –  $\nabla_{\max}$  1580 н.у.м.,

а минимальная высота в месте впадения в р. Черек Безенгийский –  $\nabla_{\min}$  985 н.у.м. Длина селевого русла составляет 2,2 км. Уклоны меняются от 600‰ в верхнем до 130‰ в нижнем течении, где перепад высоты составляет 595 м, а средний уклон 270‰.

В нижней части русла р. Зыка-кол, которая непосредственно примыкает к с. Кара-суу, в результате донного размыва образовались обрывистые песчано-глинистые берега, высотой до 6-8 м. На этом участке над руслом протянута высоковольтная линия электропередачи ЛЭП, которая обеспечивает электроэнергией выше расположенные населенные пункты. Это с. Безенги, с. Булунгу, с. Эльтюбю, а также альплагерь «Безенги», турбазы «Башиль», «Чегем» и пограничный городок. Опоры ЛЭП расположены по обоим берегам русла в опасной близости (в 4-5 м) от обрывистых берегов. Размыв и последующее обрушение этих береговых склонов на данном участке представляет угрозу как правой, так и левой береговым опорам высоковольтной линии электропередачи. Повреждения последних может привести к полному обесточиванию выше расположенных сел, турбаз и пограничного городка. Кроме этого, сходы мощных селевых потоков могут привести к заторам в русле, где имеется много карчей и поваленных деревьев, которые спровоцируют выплеск селевого потока в сторону с. Кара-суу, что явится угрозой жизни населения и приведет к ущербу домовладениям.

Для расчетов основных параметров селевого русла р. Зыка-кол были использованы данные, полученные в результате исследования селя, сошедшего 18 июля 2009 г. [3]. Для получения максимальных значений характеристик селевого потока в транзитной зоне русла был выбран прямолинейный участок длиной около 100 м и шириной 20 м [4]. Высота селевого вала на данном участке русла, определенная по береговым меткам, составила 2,3-2,4 м, с площадью живого сечения, равной  $\omega = 48 \text{ м}^2$ .

Нижняя часть зоны транзита селевого потока характеризуется значительными отложениями селевых масс, в основном на поворотных участках, в виде камней диаметрами до 0,2-0,3 м в смеси с глинисто-песчаным грунтом серого цвета. Общий объем таких отложений в русле р. Зыка – кол оценивается в 18-20 тыс. м<sup>3</sup>.

Большие валуны с линейными размерами (условным диаметром) до  $d = 1,5 \text{ м}$  отложились в нижней части транзитного участка.

Максимальная скорость селевого потока, определенная по размерам таких крупных валунов, достигала  $v = 5,5 \text{ м/с}$  [5]

$$v = a\sqrt{d},$$

где  $a$  – интегральный показатель, равный 3,5-4,5;  $d$  – условный диаметр валуна в м.

При этом максимальный расход селевого вала  $Q$ , вычисленный по рассчитанной скорости потока  $v = 5,5 \text{ м/с}$  и площади живого сечения  $\omega = 48 \text{ м}^2$ , составил  $Q = 264 \text{ м}^3/\text{с}$ :

$$Q = v_c \cdot \omega = 5,5 \cdot 48 = 264 \text{ м}^3/\text{с}.$$

На конусе выноса селевая масса, состоящая в основном из грунтово-каменной массы с отдельными включениями камней до 0,5-0,6 м, перекрыла половину всей поймы русла р. Черек Безенгийский. Длина отложившихся масс по фронту на конусе выноса, составляет 136 м, а ширина – около 250 м. В результате водный поток р. Черек Безенгийский, обходя селевые выносы, поменял свое русло, резко (под прямым углом) повернув влево (рис. 3). Часть селевой массы шириной 10-15 м и объемом 4-5 тыс.  $\text{м}^3$  была размыта и унесена водным потоком реки. Оставшийся объем селевой массы на конусе выноса составил около 60 тыс.  $\text{м}^3$ .



Рис. 3. Конус выноса р. Зыка-кол, перекрывший часть русла основной реки Черек Безенгийский

Таким образом, общий максимальный объем твердой составляющей селевого потока  $W_T$ , отложившегося на транзитном участке, конусе выноса и унесенного рекой, составил  $W_T = 20,0 + 60,0 + 5,0 = 85 \text{ тыс. м}^3$ .

Ниже приводятся расчеты максимальных значений расхода и объема селевого

потока вероятностью превышения 1% обеспеченности для сравнительной характеристики с натурными данными обследованных русел Безымянный, р. Чинар-кол и р. Зыка-кол. Расчеты проводятся согласно требованиям «Инструкции по определению расчетных характеристик дождевых селей ВСН 03-76» [6].

Для селевого русла суходола Безымянный значение максимального расхода селевого потока вероятностью ежегодного превышения 1% обеспеченности определяется по формуле:

$$Q_c = q_{1\%} m_a \lambda'_{1\%} F \left( \frac{1}{W_{\text{отр}}} \right)^{1,08}, \quad (1)$$

где  $q_{1\%}$  – модуль максимального дождевого стока вероятностью превышения  $P = 1\%$ ,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ , в зависимости от бассейнового времени добегаания ( $\tau$ ) и гидрологического района, в котором расположен водосбор, определяется по таблице 9 [6]:

$$\tau = \frac{L}{2,45\sqrt{I}} = \frac{1,2}{2,45\sqrt{283}} = 0,12 \text{ ч}, \quad (2)$$

где  $L$  – длина русла реки по основному тальвегу от водораздела до замыкающего створа, км;  $I$  – средний уклон русла реки, ‰.

Модуль максимального дождевого стока принимаем равным:

$$q_{1\%} = 23,7$$

$m_a$  – коэффициент, зависящий от гидрологического района расположения водосбора, определяется по формуле:

$$m_a = \frac{H_{1\%}}{250} = \frac{110}{250} = 0,44.$$

$H_{1\%}$  – максимальные суточные осадки вероятностью превышения 1% обеспеченности определяются по гидрологическому справочнику [7].

Если значение  $m_a < 0,75$ , то принимаем  $m_a = 0,75$ .

$\lambda'_p$  – переходный коэффициент при вероятности превышения максимального расхода обеспеченностью 1% равен 1.

$F$  – площадь водосбора, равная  $0,65 \text{ км}^2$ .

$W_{\text{отр}}$  – коэффициент текучести селевой массы для пиковой фазы селевого потока вычисляем по формуле:

$$W_{\text{отр}} = 1 - \frac{S_{\text{оп}}}{S_{\text{ит}}} \quad (3)$$

$S_{0,1\%}$  – объемная концентрация селевой массы определяется по таблице,

в зависимости от коэффициента селеактивности бассейна  $\mu$ .

$$\mu = 0,063I^{0,4} = 0,063 \cdot 283^{0,4} = 0,6$$

$$S_{01\%} = 0,614$$

$S_{нт}$  – предельная объемная концентрация, определяется по таблице, принимаем равной 0,705.

$$W_{отP} = 1 - \frac{0,614}{0,705} = 0,13,$$

$$Q_c = 23,7 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot \left(\frac{1}{0,13}\right)^{1,08} = 104,6$$

Максимальный расход селевого потока вероятностью превышения 1% обеспеченности в русле суходола Безымянный будет составлять 104,6 м<sup>3</sup>/с.

Максимальный объем селевого потока вероятностью превышения 1% обеспеченности определяется по формуле:

$$W_{c1\%} = W_{B1\%} \psi_W, \quad (4)$$

где  $W_{B1\%}$  – объем дождевого паводка вероятностью превышения 1% обеспеченности, определяется по формуле:

$$W_{B1\%} = q_{1\%} m_a \lambda'_{1\%} FC_p 10^3, \quad (5)$$

$C_p$  – коэффициент формы гидрографа определяется по таблице в зависимости от времени добега  $\tau$  и вероятности ежегодного превышения 1% обеспеченности максимального расхода селевого потока.

$$C_{1\%} = 0,592$$

$$W_{B1\%} = 23,7 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 0,592 \cdot 10^3 = 6,84 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

$\psi_W$  – коэффициент селеносности определяем по формуле:

$$\psi_W = \frac{1}{\bar{W}_{от}}, \quad (6)$$

$\bar{W}_{отP}$  – коэффициент текучести селевой массы для всего селевого потока определяется по формуле:

$$\bar{W}_{отP} = 1 - \frac{\bar{S}_{отP}}{S_{нт}}, \quad (7)$$

$\bar{S}_{оп}$  – средняя объемная концентрация определяется по формуле:

$$\bar{S}_{оп} = 1,065(S_{оп})^{1,25} \leq 0,64, \quad (8)$$

$$\bar{S}_{01\%} = 1,065 \cdot 0,614^{1,25} = 0,58.$$

$$\psi_W = \frac{1}{1 - \frac{0,58}{0,705}} = 5,64.$$

$$W_{c1\%} = 6,84 \cdot 10^3 \cdot 5,64 = 38,6 \text{ тыс. м}^3.$$

Объем выноса твердых материалов вычисляется по формуле:

$$W_{T1\%} = \bar{S}_{01\%} \cdot W_{c1\%}, \quad (9)$$

$$W_{T1\%} = 0,58 \cdot 38,6 \cdot 10^3 = 22,4 \text{ тыс. м}^3$$

Максимальный объем селевого потока вероятностью превышения 1% обеспеченности в русле суходола Безымянный может достигать 38,6 тыс.м<sup>3</sup>, а объем единовременно выноса твердого материала – 22,4 тыс. м<sup>3</sup>.

Расчетные данные максимальных параметров селевых потоков вероятностью ежегодного превышения 1% обеспеченности для селеносных русел р. Чинар-кол и р. Зыка-кол приведены в таблице.

**Для русла р. Чинар-кол** расход селевого потока вероятностью ежегодного превышения 1% обеспеченности составил 256,5 м<sup>3</sup>/с. Максимальный объем селевого потока равен 140,8 тыс. м<sup>3</sup>, а максимальный объем единовременного выноса твердого материала – 82,5 тыс. м<sup>3</sup>. Значение расчетных данных объема выноса твердого материала более чем в 3 раза превышает значение общего объема отложившихся масс в русле р. Чинар-кол.

**Для русла р. Зыка-кол** расход селевого потока вероятностью ежегодного превышения 1% обеспеченности составил 384,7 м<sup>3</sup>/с. Это более чем на 45% больше самого мощного селевого потока, сошедшего по данному руслу 18 июля 2009 г. Максимальный же объем селевого потока равен 335 тыс. м<sup>3</sup>, а максимальный объем единовременного выноса твердого материала – 192,3 тыс. м<sup>3</sup>.

Таблица

**Расчетные данные максимальных параметров селевых потоков вероятностью ежегодного превышения 1% обеспеченности для селеносных русел р. Чинар-кол и р. Зыка-кол**

Название реки	$\tau$ , ч	$\lambda_{1\%}$	$q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с км <sup>2</sup>	$m_a$	$S_{01\%}$	$S_{нт}$	$\mu$	$W_{om1\%}$	$C_{1\%}$	$Q_c$ , м <sup>3</sup> /с	$W_{B1\%}$ , тыс.м <sup>3</sup>	$W_{c1\%}$ , тыс.м <sup>3</sup>	$W_{T1\%}$ , тыс.м <sup>3</sup>
Чинар-кол	0,18	1	19,8	0,75	0,62	0,705	0,62	0,12	0,918	256,5	23,8	140,8	82,5
Зыка-кол	0,22	1	17,88	0,75	0,61	0,705	0,6	0,135	1,408	384,7	62,3	335,0	192,3

По данным проведенных расчетов видно, что объемы максимального единовременного выноса твердого материала вероятностью ежегодного превышения 1% обеспеченности в четыре раза (прошедшего селевого потока) и более чем в 9 раз (вероятностью превышения 1% обеспеченности) превышают данные по «Кадастру лавинно-селевой опасности Северного Кавказа» (максимальный объем единовременного выноса 20 тыс. м<sup>3</sup>) [1].

Следует отметить также, что скорость селевого потока при максимальном расходе селевого вала, равного 384,7 м<sup>3</sup>/с, на транзитном участке с площадью поперечного сечения 48 м<sup>2</sup> будет равной 8 м/с и селевой поток будет обладать большой разрушительной способностью.

### Выводы

Проведены натурные обследования русел суходола Безымянный, р. Чинар-кол и р. Зыка-кол с определением основных морфометрических параметров селевых потоков. Произведен расчет основных характеристик селевого потока вероятностью превышения 1% обеспеченности для сравнительной характеристики с натурными данными и выявления угрозы с. Кара-суу.

#### 1. Для русла суходола *Безымянный*:

- определены максимальные значения расхода, общего объема и объема выноса твердого материала селевого потока вероятностью превышения 1% обеспеченности;

- выявлена угроза заноса сельхозугодий и частных домовладений жителей с. Кара-суу.

#### 2. Для русла р. *Чинар-кол*:

- определены общая площадь 20 тыс. м<sup>2</sup> и объем в 25 тыс. м<sup>3</sup> селевых отложений в нижней части русла и на конусе выноса;

- рассчитаны максимальные значения расхода, общего объема и объема твердой составляющей селевого потока вероятностью превышения 1% обеспеченности, которые более чем в три раза превышают значения натуральных данных;

- выявлена угроза заноса сельхозугодий и домовладений жителей с. Кара-суу.

#### 3. Для русла р. *Зыка-кол*:

- комплексный анализ характеристик селевого потока позволил определить такие параметры селя, как общий объем твердой составляющей селевого потока – 85 тыс. м<sup>3</sup>, в том числе с учетом отложений на транзитном участке, конусе выноса и унесенных водным потоком основной реки Черек Безенгийский;

- получены максимальные значения расхода сошедшего селевого потока – 264 м<sup>3</sup>/с и скорости в 5,5 м/с;

- рассчитаны максимальные значения расхода, общего объема и объема твердой составляющей селевого потока вероятностью превышения 1% обеспеченности;

- проведен сравнительный анализ параметров расчетных данных с натурными значениями сошедшего селевого потока;

- выявлена угроза жизнедеятельности людей и заноса частных домовладений с. Кара-суу;

- выявлена угроза безопасности функционирования опор высоковольтной ЛЭП, обеспечивающей электроэнергией выше расположенные три селения: Безенги, Булунгу и Эльтюбю, а также альпинистско-туристические объекты и городки-заставы погранвойск.

4. В последнее время на предгорных и горных районах Черекского ущелья наблюдается значительная активизация селевых процессов, характеризующаяся не только частотой проявлений, но и увеличением объемов единовременных выносов.

Исходя из выше изложенного и учитывая возрастающую активность селепроявлений считаем необходимым ведение регулярных наблюдений и мониторинга селевых бассейнов Безымянный, р. Чинар-кол и р. Зыка-кол, что способствовало бы предупреждению и устранению угрозы территориям с. Кара-суу и выше расположенным объектам.

### Рекомендации

Принимая во внимание полученные результаты расчетов, и учитывая выявленную угрозу с. Кара-суу и ее инфраструктуре считаем необходимыми проведения противоселевых мероприятий на селеопасных руслах рек Зыка-кол, Чинар-кол и суходоле Безымянный.

1. Проведение берегоукрепительных и руслорегулировочных (очистка русла от больших камней, карчей и стволов деревьев) работ в нижней части русла р. Зыка-кол, непосредственно примыкающей с. Кара-суу;

2. Сооружение селеотводящей стенки на конусе выноса р. Чинар-кол на поворотном участке в начале прокопанного канала.

3. Сооружение селехранилища на конусе выноса суходола Безымянный для накопления селевых выносов с возможностью периодической очистки. При сооружении селехранилища должны учитываться расчетные значения максимальных объемов

выноса твердой составляющей селевого потока вероятностью превышения 1% обеспеченности.

### Библиографический список

1. Кадастр лавинно-селевой опасности Кабардино-Балкарской Республики / Под общ. ред. М.Ч. Залиханова. – СПб.: Гидрометеоздат, 2001. – 64 с.
2. Способ определения маршрута натурного обследования близлежащих селевых бассейнов: пат. РФ № 2613480: МПК G01C7/02; G01V 99/00. / Анахаев К.Н., Байсиев Х.-М.Х., Батчаев И.И. и др.: заявитель и патентообладатель ФГБУ «ВГИ». – 2015145799, заявл. 23.10.2015; опубл. 16.03.2017. Бюл. 8
3. Обследование селевого потока в русле реки Зыка-кол / Анахаев К.Н., Гегиев К.А., Антоненко О.Л., и др. – Природообустройство. – 2010. – № 5. – С. 46-49.
4. РД 52.30.238-90 Руководство селестоковым станциям и гидрографическим

партиям. Вып. 1. Организация и проведение работ по изучению селей. – М.: Гидрометеоздат, 1990. – 200 с.

5. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 312 с.

6. Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей. ВСН 03-76. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 30 с.

7. Справочник по климату СССР. Выпуск 13, часть 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – 357 с.

Материал поступил в редакцию 14.11.2019 г.

### Сведения об авторе

**Батчаев Ильяс Ибрагимович**, научный сотрудник лаборатории гидрологии горных территорий Отдела экологических исследований, ФГБУ «ВГИ»; 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 2; e-mail: batcha17i@yandex.ru

### I.I. BATCHAEV

Federal state budgetary institution «Alpine Geophysical Institute», Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russian Federation

## MUDFLOW THREAT TO THE KARA-SUU VILLAGE OF THE KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC

*The aim of the work is to identify a threat from mudflows in the Kara-suu village area and ensure the safety of local residents. This paper gives the analysis of the natural route surveys of three mudflow channels – Chinar-kol, Zyka-kol and Bezymyanny, threatening the Kara-suu village. There are also given calculations of the data of basic morphometric characteristics of mudslides with the annual probability of 1% exceeding of the provision to compare with the natural data and to detect the negative impact on the Kara-suu village and adjacent infrastructure. For the Zyka-kol channel: there were received maximum values of mudflow descend – 264 m<sup>3</sup>/s and speed of 5.5 m/s; a comparative analysis of the calculation data parameters with natural values of the descended mudflow was carried out; the threat to people's life activity of people and snow drifting of private households in Kara-suu was revealed; there was found a threat to the operation safety of the high-voltage power line which provides electricity to the three villages located higher: Bezengi, Bulungu and Eltjubju as well as alpinist and tourist sites and outpost towns of the border troops. There are proposed measures for anti-mudflow activities on the mudflow channels of the rivers Zyka-kol, Chinar-kol and the Bezymyanny waterless valley.*

*Mudflow channels Chinar-kol and Zyka-kol, morphometric characteristics, maximum consumption of mudflow, maximum volume of mudflow of 1% provision, volume of one-time carrying out, threat of snow drifting.*

### References

1. Kadastr lavinno-selevoj opasnosti Kabardino-Balkarskoj Respubliki / Pod obshch. red. M.Ch. Zalikhanova. – SPb.: Gidrometeorizdat, 2001. – 64 s.
2. Sposob opredeleniya marshruta naturalnogo obsledovaniya blizlezhashchih selevyh bassejnov: pat. RF № 2613480: MPK

G01C7/02; G01V 99/00. / Anakhaev K.N., Baisiev H.-M.H., Batchaev I.I. i dr.; zayavit. i patentoobladatel FGBU «VGI». – 2015145799, zayav. 23.10.2015; opubl. 16.03.2017. Byul. 8.

3. Obsledovanie selevogo potoka v rusle reki Zyka-kol / Anakhaev K.N., Gegiev K.A., Antonenko O.L. i dr. – Prirodobustrojstvo. – 2010. – № 5. – S. 46-49.

4. RD52.30.238-90 Rukovodstvo selestokovym stantsiyam i gidrograficheskim partiyam. Vyp. 1. Oprganizatsiya i provedenie rabot po izucheniyu selej. – M.: Gidrometeoizdat, 1990. – 200 s.

5. Fleishman S.M. Seli. – L.: Gidrometeoizdat, 1978. – 312 s.

6. Instruktsiya po opredeleniyu raschetnyh harakteristik dozhdevykh selej.. VSH 03-76. – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 30 s.

7. Spravochnik po klimatu SSSR. Vypusk 13, chast 4. Vlazhnost vozduha, atmosferye

osadki, snezhny pokrov. – L. Gidrometeoizdat, 1968. – 357 s.

The material was received at the editorial office  
14.11.2019

#### Information about the author

**Batchaev Ilyas Ibragimovich**, researcher of the laboratory of hydrology of mountain areas of the Department of ecological research, FGBU «VGI»ж 360030, KBR, Nalchik, pr. Lenina, 2; e-mail: batcha17i@yandex.ru

УДК 502/504:551.482.215

DOI 10.34677/1997-6011/2020-1-126-129

**В.А. ФАРТУКОВ, Н.В. ХАНОВ, М.В. ЗЕМЛЯНИКОВА**

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, г. Москва Российская Федерация

## ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СОПРЯЖЕНИЯ БЪЕФОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

*В работе представлено решение уравнения стационарных нелинейных колебаний в нижнем бьефе гидротехнических сооружений. Рассмотрен пример решения колебательного режима течения воды в нижнем бьефе. В основе исследований находится система дифференциальных уравнений, описывающая нестационарный режим движения водного потока при сопряжении бьефов гидротехнических сооружений. Представлено определение структуры колебательного движения воды при сопряжении бьефов. Приведен анализ гипотез образования различных форм свободной поверхности потока, а также условий образования гидравлического прыжка в русле водного потока. Было установлено пять гипотез, определяющих потерю энергии водного потока в гидравлическом прыжке при сопряжении бьефов гидротехнических сооружений. По результатам анализа было установлено наличие колебательного процесса, образованного незамкнутым объемом массы воды. Приведен асимптотический метод при расчетах в области экстремальных параметров как наиболее эффективный. Дана оценка устойчивости решения дифференциального уравнения, описывающего стационарные нелинейные колебания в нижнем бьефе согласно теории А.М. Ляпунова. В основе теории, описывающей колебательный характер движения воды, лежит уравнение Бальтазара Ван дер Поля. Проведенный качественный анализ уравнения Ван дер Поля позволил определить фактор, оказывающий влияние на формирование колебательного движения водного потока. Полученные результаты позволяют получать достоверные инженерные решения по расчету параметров колебательного движения водного потока на основе асимптотических методов.*

*Колебательный режим течения воды, глубина потока, период колебания, сопряжения бьефов.*

**Введение.** Системы, в которых наблюдается режим периодических колебаний, относятся к динамическим системам. Колебательные процессы (режимы), возникающие в динамических системах, образуются из множества определенных начальных условий в различных нелинейных неконсервативных и автономных системах.

Образование таких связанных параметров в неупорядоченной среде образует перколяцию. В соответствии с теорией перколяции важен момент перехода к колебательному процессу, который аналогичен фазовому переходу, само же явление определяется начальными условиями формирования водного потока. Важен первоначальный