

УДК 502/504:551.311.21

**К. Н. АНАХАЕВ, К. А. ГЕГИЕВ, О. Л. АНТОНЕНКО, В. К. УЯНАЕВ,  
И. И. БАТЧАЕВ**

Высокогорный геодезический институт, Кабардино-Балкария

## ОБСЛЕДОВАНИЕ СЕЛЕВОГО ПОТОКА В РУСЛЕ РЕКИ ЗЫКА-КОЛ

*Дано описание селевого потока, сошедшего 18 июля 2009 года в Безенгийском ущелье Кабардино-Балкарии, общий объем селевой массы достиг 218 тыс. м<sup>3</sup>. Приведены определения основных параметров селя: максимальные расход и скорость селевого потока, размеры влекомых селом каменных глыб, высота селевого вала и др. Определена скорость селевого потока (рассчитанная по наиболее крупным валунам – до 1,5 м). На транзитном участке селевого русла отмечено наличие отложений мелкозернистых селевых масс с включениями валунов, определены их объемы.*

*Селевой бассейн, конус выноса, очаги зарождения селя, высота селевого вала.*

*There is given a description of the mudflow coming down on July 18, 2009 in the Bezengijskij gorge of Kabardino-Balkaria, the total mud volume amounted 218 thousand m<sup>3</sup>. There are given definitions of the mud basic parameters: maximal mud flow and speed, sizes of stone blocks drawn by the mud, height of the mud wall etc. The mud flow speed is determined (estimated according to the biggest boulders – up to 1.5 m). On the transit part of the mud channel there are observed deposits of fine-grained mud masses with inclusions of boulders, their volumes are determined.*

*Mud flow basin, cone of drawing, sources of mud flow origin, height of mud wall.*

Селевой бассейн реки Зыка-кол расположен на склоне северной экспозиции Безенгийского ущелья Кабардино-Балкарии. Конусом выноса селевое русло соединяется с основной рекой селевого бассейна – Черекон, вплотную примыкающей с юго-западной стороны к селению Кара-су. Территория селевого бассейна расположена на скальных породах, покрытых лесным массивом, и включает два основных соединяющихся между собой селевых русла с примыкающими к ним многочисленными мелкими притоками более высокого порядка. Правое русло с высотной отметкой 1580 м длиннее, чем левое, они сходятся в средней части зоны транзита и образуют единое селевое русло прямоугольного сечения шириной до 25 м и площадью живого сечения около 48 м<sup>2</sup>. Максимальная протяженность селевого русла составляет 2,2 км при перепаде высот в 600 м (от ∇ 1580 м до ∇ 980 м) и изменяющемся уклоне от  $i = 0,5$  на верхнем участке

до  $i = 0,15$  на нижнем. В кадастре лавинно-селевой опасности Северного Кавказа данный селевой бассейн значится под номером № 4-27 как безымянный [1]. Установленное топонимическое название «Зыка-кол» в переводе с балкарского означает «Балка лечебной травы крест-салат».

Селевые потоки, сходящие по руслу Зыка-кол, имеют дождевой генезис. Водная составляющая этих потоков формируется в основном от выпадения атмосферных осадков на его водосборной площади, равной 3,3 км<sup>2</sup>. Так, 18 июля 2009 года в результате выпадения многодневных атмосферных осадков ливневого характера (суммарное количество осадков с 14 по 18 июля составило около 80 мм) в данном селевом бассейне сформировался и сошел мощный селевой поток несвязного типа.

Высота селевого вала в русле, определенная по береговым «меткам», составила 2,2...2,4 м. На транзитном участке селевого русла отложилось

значительное количество селевых масс, в основном в виде камней диаметрами до 0,2...0,3 м, перемешанных с глинисто-песчаным грунтом серого цвета. Общий объем таких отложений селевого бассейна в русле Зыка-кол – 18...20 тыс. м<sup>3</sup>.

Большие валуны с линейными размерами (условным диаметром) до  $d = 1,5$  м останавливались в средней части транзитного участка (рис. 1). Максимальная скорость селевого потока, равная 5 м/с, была определена по размерам таких крупных валунов, согласно формуле С. М. Флейшмана [2]:

$$v_{\max} = a\sqrt{d},$$

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



Рис. 1. Валуну, влекомые селевым потоком

При этом максимальный (удельный) расход в створе самого селевого вала  $Q_{\max}$ , вычисленный по полученным значениям скорости потока  $v_{\max} = 5$  м/с и площади живого сечения  $F = 48$  м<sup>2</sup>, составил 240 м<sup>3</sup>/с.

На конусе выноса селевая масса, состоящая в основном из мелких камней диаметрами 0,2...0,3 м, с отдельными включениями более крупных валунов 0,5...0,6 м, полностью перекрыла правую половину поймы русла реки Черек-Безенгийский (рис. 2). При этом продольный и поперечный размеры конуса выноса в месте примыкания к основной реке составили соответственно 250 и 136 м. Под воздействием

указанных селевых выносов речной поток круто (под прямым углом) изменил направление своего русла, повернув влево. Часть селевой массы шириной 10...15 м и объемом около 4...5 тыс. м<sup>3</sup> была размывта и унесена водным потоком реки. Оставшийся объем селевой массы на конусе выноса составил около 60 тыс. м<sup>3</sup>.



Рис. 2. Перекрытие селевыми выносами правой половины русла реки Черек-Безенгийский: 1 – направление старого русла реки; 2 – направление нового русла реки после частичного перекрытия селевыми отложениями

Таким образом, максимальный объем твердой составляющей селевого потока  $W_{\text{отл.}}$ , отложившегося на транзитном участке и конусе выноса (с учетом его частичного размыва), составил  $W_{\text{отл.}} = 20,0 + 60,0 + 5,0 = 85$  тыс. м<sup>3</sup>. Объем же взвешенных наносов  $W_{\text{взв.}}$ , унесенный водным потоком основной реки, равен 20 тыс. м<sup>3</sup> – это 30 % от объема селевых отложений, поступивших на конус выноса [3, с. 90 и др.].

Суммарный объем твердого материала  $W_{\text{тв.}}$ , вынесенный селевым потоком со всей водосборной площади:

$$W_{\text{тв.}} = W_{\text{отл.}} + W_{\text{взв.}} = 85 + 20 = 105 \text{ тыс. м}^3.$$

Объемная концентрация твердой составляющей селевого потока зависит от многих факторов (уклона русла, скорости потока, типа слагающих русло грунтов и др.) и является переменной величиной, имеющей разные значения по длине селевого русла. Предельное

значение этой величины для рассматриваемого (несвязного) селя  $S_{\text{пред.}}$  в средней части транзитного участка с уклонами  $i = 0,20 \dots 0,22$  рассчитано по упрощенной формуле М. А. Мосткова [2, с. 179]:

$$S_{\text{пред.}} = \frac{1,2i}{1 - 2i}.$$

Полученный результат  $0,40 \dots 0,48$  вполне согласуется с концепцией равного соотношения твердой и жидкой фаз в селевых потоках, принятой многими исследователями-«селевиками» [3, с. 93; 4, с.83 и др.]. С учетом этого общий объем селевой массы  $W$  (твердой и жидкой составляющей), сошедшей по руслу реки Зыка-кол,

$$W = \frac{W_{\text{тв.}}}{S_{\text{пред.}}} = \frac{105 \text{ тыс. м}^3}{0,48} = 218 \text{ тыс. м}^3,$$

что более чем в 10 раз превышает величину 20 тыс. м<sup>3</sup>, обозначенную в «Кадастре лавинно-селевой опасности Северного Кавказа» [1, с. 93]. Рассматриваемый селевой бассейн Зыка-кол относится не к категории среднеопасных, а к категории *сильноопасных* [1, с. 62].

Средний расход твердой составляющей селевого потока  $G$ , определенный как отношение суммарного объема отложений конуса выноса и взвешенных наносов к принятой 30-минутной продолжительности схода селя, составил  $G \approx 47 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $\approx 66 \text{ т/с}$ ), при плотности селя  $g_c = 1,3 \dots 1,5 \text{ т/м}^3$ .

В месте непосредственного примыкания к селению Кара-су селевое русло Зыка-кол имеет обрывистые песчано-глинистые берега высотой до  $6 \dots 8 \text{ м}$ . Здесь же, над селевым руслом, проходит единственная высоковольтная линия электропередач, снабжающая электроэнергией расположенные выше населенные пункты и объекты жизнедеятельности Безенгийского и Чегемского ущелий: село Безенги, альпийский лагерь «Безенги», погранзаставу, села Булунгу и Эль-тюбю, турбазы «Башиль» и «Чегем». В

результате размыва селевыми потоками обрывистые берега по обеим сторонам русла приблизились к опорам высоковольтной линии электропередач на опасное расстояние ( $4 \dots 5 \text{ м}$ ), в связи с чем повторные сходы селя по данному руслу представляют серьезную угрозу надежности работы рассматриваемой ЛЭП, а также могут привести к дальнейшему перекрытию русла реки Черек с размывом автодороги Кара-су – Безенги [4].

Поскольку большая часть твердых наносов, унесенных основной рекой бассейна Черек-Безенгийский, является мелкозернистым песчаным грунтом, находящимся во взвешенном состоянии, следует ожидать значительных отложений в зоне расположенного ниже водохранилища Кашхатауской ГЭС. Это ведет к заилению водохранилища со снижением его полезной емкости, к переформированию русла реки на подходе к водохранилищу, к повышению отметок дна.

Проведение регулярных наблюдений и мониторинга селевого бассейна Зыка-кол – необходимое условие снижения угрозы территориям и объектам, расположенным в зоне рассматриваемого селевого бассейна. С учетом результатов выполненных исследований целесообразно внести изменения в существующий «Кадастр лавинно-селевой опасности Северного Кавказа»: а) по установлению топонимического названия селевого русла Зыка-кол, до сих пор значащегося как безымянное; б) по объему максимального единовременного выноса и другим параметрам селевого потока; в) по воздействию селевого потока на инженерные объекты жизнеобеспечения и инфраструктуры населенных пунктов и др.

#### Выводы

На примере натурно-аналитических исследований селевого бассейна русла Зыка-кол разработана усовершенствованная методика обследования селевых потоков дождевого генезиса,

позволяющая получить комплексный анализ характеристик потока при отсутствии данных непосредственных наблюдений за сходом селя и недостаточности исходных (измеренных) гидрологических данных. Для рассматриваемого селевого русла Зыка-кол определены основные параметры селя: максимальные значения расхода и скорости селевого вала; общий объем селевого потока и его твердой составляющей (с учетом отложений на транзитном участке, конусе выноса и отложений, унесенных во взвешенном состоянии водным потоком основной реки селевого бассейна).

Выявлена угроза безопасности функционирования опор высоковольтной линии электропередач, обеспечивающей электроэнергией расположенные выше (в Безенгийском и Чегемском ущельях) селения Безенги, Булунгу и Эль-тюбю, а также альпинистско-туристские объекты и городки-заставы пограничных войск.

1. Кадастр лавинно-селевой опасности Северного Кавказа / Под ред. акад.

М. Ч. Залиханова. – Пятигорск: Высокоточный геодезический институт, 2001. – 112 с.

2. **Флейшман С. М.** Сели. – Л., 1978. – 312 с.

3. **Запорожченко Э. В.** Сели бассейна реки Герхожан-су: история проявления, условия формирования, энергетические характеристики: сб. науч. трудов. – Пятигорск: СКГВХ, 2002. – С. 80–148.

4. **Черноморец С. С.** Селевые очаги до и после катастроф. – М.: Научный мир, 2005. – 182 с.

Материал поступил в редакцию 20.04.10.

**Анахаев Кошкинбай Назирович**, доктор технических наук, профессор, зав. отделом экологических исследований

Тел. 8-928-693-13-84

E-mail: anaha13@mail.ru

**Гегиев Касболат Адальбиевич**, кандидат технических наук, зав. лабораторией отдела экологических исследований

Тел. (8662) 77-78-64; (8662) 47-10-14

**Антоненко Ольга Леонидовна**, научный сотрудник

Тел. (8662) 40-26-95; (8662) 47-17-51

E-mail: ol-antonen@ya.ru

**Уянаев Виктор Кубадиевич**, ведущий инженер

Тел. (8662) 47-17-51

**Батчаев Ильяс Ибрагимович**, ведущий инженер

Тел. (8662) 47-17-51