

Гегиев К. А., Анаев М. Т., Анаев М. А., Амшоков Б. Х.

Gegiev K. A., Anaev M. T., Anaev M. A., Amshokov B. Kh.

**ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ
ПО РЕКАМ ПСЫГАНСУ И ХУДЗУР**

**CAUSES AND CONSEQUENCES OF MUD FLOWS
ON THE PSYGAN-SU AND KHUZUR RIVERS**

В статье обоснована актуальность темы в селеведении, географическое расположение объекта (гидрологической сети), методы исследования и цель данной работы заключаются в восстановлении сценария сошедших селевых потоков в июне 2016 года по притокам разного порядка (рек Худзур и Псыгансу), основной реки Северного Кавказа Терек Каспийского морского бассейна. Изложены условия двухтактного механизма формирования селя в бассейне р. Черек, когда селевой поток, зародившийся в притоке р. Худзур, перекрыл русло основной реки Псыгансу, создав в последней временную плотину твердыми грунтово-каменными выносами, прорыв которой вызвал образование селевого потока уже по руслу основной реки. Освещен метод определения одного из основных гидрологических параметров селевого потока – объема твердого выноса и селя. В статье также изложены негативные воздействия на объекты инженерной инфраструктуры горного агропромышленного комплекса. В выводах по результатам исследования выявлены основные причины, спровоцировавшие сход селевых потоков по рекам Худзур и Псыгансу, предложены рекомендации по проведению противоселевых и предупредительных мероприятий для обеспечения безопасности жизнедеятельности на горной территории Черекского района Кабардино-Балкарской республики.

Ключевые слова: селевой бассейн, гранулометрический (механический) состав грунта, селевые отложения, конус выноса, водный сток, денудация, боковая и донная эрозия, тальвег, запруда, потенциально селевой массив (ПМС).

The article substantiates the relevance of the topic in mudflow studies, the geographical location of the object (hydrological network), research methods and the purpose of this work is to restore the scenario of mudflows descended in June 2016 along tributaries of different order (Khuzur, Psygansu rivers) of the main river North Caucasus Terek, Caspian Sea Basin. The conditions of a two-stroke mechanism of mudflow formation in the Cherek river basin, are investigated when a mudflow originating in a tributary of the Khuzur river, blocked the channel of the main river Psygansu river. A method for determining one of the main hydrological parameters of a mudflow – the volume of solid carryover and mudflow is outlined. The article also outlines the negative impacts on the objects of the engineering infrastructure of the mining agro-industrial complex. In the conclusions based on the results of the study, the main reasons for provoking the descent of mudflows along the Khuzur and Psygansu rivers were identified, recommendations were proposed for conducting anti-mudflow and preventive measures to ensure the safety of life in the mountainous territory of the Cherek region of the Kabardino-Balkarian Republic.

Key words: mudflow basin, granulometric (mechanical) composition of soil, mudflow deposits, fan cone, water runoff, denudation, lateral and bottom erosion, thalweg, dam, potentially mudflow massif (MMP).

Гегиев Касбулат Адальбиевич – кандидат технических наук, зав лабораторией гидрологии горных территорий, Высокогорный геофизический институт, Нальчик
E-mail: kasgegiev@yandex.ru

Gegiev Kasbulat Adalbievich – Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Hydrology of Mountain Territories, High Mountain Geophysical Institute, Nalchik
E-mail: kasgegiev@yandex.ru

Анаев Махти Тасимович –

научный сотрудник лаборатории гидрологии горных территорий, Высокогорный геофизический институт, Нальчик

E-mail: mahti.anaev@yandex.ru

Анаев Мухамат Азретович –

заместитель начальника главного управления МЧС России по Кабардино-Балкарской Республике, начальник управления гражданской обороны и защиты населения, Нальчик

E-mail: amaga0773@mail.ru

Амшоков Батыр Хаширович –

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры природообустройства, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик

E-mail: ambat72@mail.ru

Anaev Makhti Tasimovich –

Researcher, Laboratory of Hydrology of Mountain Territories, High Mountain Geophysical Institute, Nalchik

E-mail: mahti.anaev@yandex.ru

Anaev Mukhamat Azretovich –

Deputy Head of the Main Directorate of the EMERCOM of Russia in the Kabardino-Balkarian Republic, Head of the Department of Civil Defense and Population Protection, Nalchik

E-mail: amaga0773@mail.ru

Amshokov Batyr Khashirovich –

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Environmental Engineering, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik

E-mail: ambat72@mail.ru

Введение. Селевой поток – один из самых опасных геофизических явлений, внезапно возникающий в гидросетях горных территорий, который в течение короткого времени приобретает на транзитном участке русла большую гидродинамическую разрушительную силу и затухает на конусе, вынося огромное количество наносов, горных пород. Процесс быстротечен, сход селея в течение короткого времени (10-30 мин.), поэтому редко представляется возможным зафиксировать селевые потоки, а тем более произвести натурные количественные замеры скорости, расходы и др. [1-3].

В связи интенсивным сельскохозяйственным, горнодобывающим, гидроэнергетическим и рекреационным освоением горных территорий и глобальным изменением климата, по прогнозам на Большом Кавказе температура должна повыситься на 1,5-2,0° в летний период и годовая сумма осадков (до 200 мм), активизируются геофизические склоновые процессы в том числе селевые [4]. Поэтому весьма актуальным становится в селеведении тщательное изучение причин селеформирования и определение количественных параметров селея по его следам в условиях крутого склонового рельефа горных территорий для прогноза и проектирования надежных селезащитных сооружений.

Объект исследования селевой водоток Худзур в бассейне р. Псыгансу расположен в Суканском ущелье между Боковыми хребтами северного склона Центрального Кавказа, горной территории Кабардино-Балкарской республики (КБР) [5]. Этот район горной местности КБР используется для сельскохозяйственного животноводства крупного и мелкого рогатого скота (фермы, летние альпийские пастбища и естественные сенокосные склоны). Здесь синоптические процессы с избыточным увлажнением носят локальный характер из-за сильно пересеченной местности. Грунтовая автодорога и линейные коммуникации, связывающие сельские населенные пункты с фермами (кошами) и другими н/х объектами в горных районах, подвержены риску негативного воздействия опасных склоновых процессов, в частности, селей.

Целью данной работы является воссоздание достоверной картины формирования и схода (каскада селей по руслам р. Худзур, р. Псыгансу и т.д.) селея путем сопоставления материалов натуральных маршрутных обследований по следам селей, проводимых авторами, с результатами анализа аэрофотоснимков, а также гидроморфологических и метеорологических данных по бассейну селевого водотока Худзур и бассейну р. Псыгансу.

В статье представлены материалы исследования сошедших (каскад) селевых потоков 24.06.2016г по р. Псыгансу и ее притоку р. Худзур бассейна р. Черек (КБР), включающие рекогносцировочные обследования следов селя, результаты анализа аэрофотоснимков, морфологические и метеорологические данные, а также данные по определению объема селя и его гранулометрического состава.

В выводах изложены основные условия и причины селеформирования по рр. Худзур, Псыгансу их последствия. Приведены рекомендации по организации мониторинга за селевыми водотоками с целью своевременного прогноза и предупреждению вероятного схода селя. Приведены рекомендации по проведению селезащитных мероприятий для обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Материалы и методы исследования. При изучении указанного объекта использованы следующие материалы и методы исследования:

- результаты сбора и анализа географических, морфометрических, метеорологических и др. архивных данных [6-7];
- натурные данные маршрутного обследования следов селя в долине р. Псыгансу Суканского ущелья с использованием измерительных средств (фото, видео, GPS, дальномер, угломер и др.), фактические материалы измерений;
- метод дешифровки аэрофотоснимков бассейна р. Псыгансу.

По гидрографическому районированию селеносный водоток Худзур, является правым притоком р. Псыгансу, (с 15 селевыми притоками бассейна р. Черек) и притоком 5-порядка р. Терек.

По классификации р. Худзур относится: по географическому расположению «к горной», по длине и площади водосбора «к мельчайшей» ($L_p < 10$ км), питание реки родниковое и снежно-дождевое.

Обследованный конус селевого выноса р. Худзур находится на правом обрывистом склоне русла р. Псыгансу ~7 км выше н.п. Верхняя Жемтала.

На этом участке протяженностью до 1,3 км водный поток р. Псыгансу протека-

ет по узкому каньону (шириной до 20 м) Суканского ущелья с крутыми береговыми склонами высотой до 400 м, где к тому же русло стеснено плотным грунтовой автодороги с двумя мостами (рис. 1, 2).

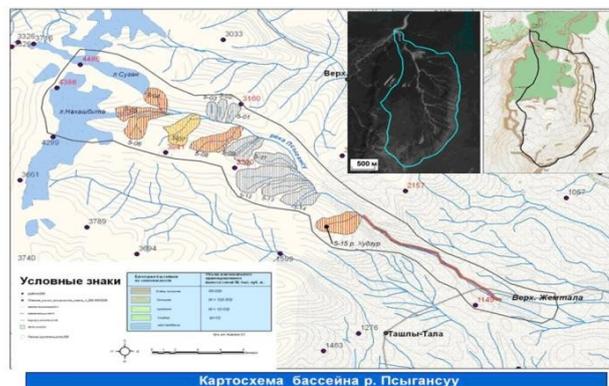


Рисунок 1 – Картограмма селевых водотоков бассейна р. Псыгансу, в том числе р. Худзур



Рисунок 2 – Устье и конус селевого выноса р. Худзур в русле р. Псыгансу, правый приток (фото: ОЭИ ВГИ)

Результаты и обсуждение. Основные гидроморфометрические параметры бассейна, р. Худзур с одним руслом имеют следующие значения: площадь водосбора (бассейна) – $F=3,9$ км², длина по тальвегу $L=2,2$ км, уклон русла – $i=0,366$ или 366 ‰ (промилле) средневзвешенная абсолютная высота бассейна реки – 2026 (н.у.м)

Расшифровка аэрофотоснимка 2011 г. бассейна селеносного водотока р. Худзур показала, что на правом береговом склоне высотой около 250-300 м с уклоном более 60° без растительности имеются многочисленные микроселевые врезы, а на левом склоне с меньшим уклоном до 45°, покрытым лесной растительностью, где просматриваются

риваются линии срыва оползневых массивов. У подножья береговых склонов и в русле имеется значительное количество осыпного грунта (и скальных пород), а ближе к истоку реки в зоне зарождения се-

левого потока, имеются материалы обрушения склона. Для генерации схода селя не хватало водной составляющей, т.е. продолжительных интенсивных осадков (рис. 3).



Рисунок 3 – Аэрофотоснимки бассейна р. Худзур (2011 и 2017 гг.)

Обильные осадки, особенно при значительном увлажнении рыхлообломочного грунта – продукта денудации береговых склонов в русле, существенно повышают вероятность возникновения и прохождения грязекаменных или смешанных селей.

Выпавшие ливневые осадки 24.06.16 спровоцировали сход катастрофического селя по руслу р. Худзур. В день схода на ближайшей метеостанции (м/с) в н.п. «Бабугент» зафиксирован суточный слой осадков $X_1=34,6$ мм, а за 15 дней, включая день схода селя, $X_{15}=91$ мм.

Согласно методике прогноза схода селевого потока дождевого (ливневого генезиса) при сумме осадков за 15 дней $X_{15}=91 > 60$ мм и значении критерия «метеорологическая сила дождя» $\Delta_{15}=0,026 \cdot 91 \sqrt{15}=9,16 > 0,4$ создались условия, соответствующие ситуации «повышенная селевая опасность» [8].

Селевые массы из скальных горных пород р. Худзур на конусе выноса временно перекрыли водный поток в русле р. Псыгансу, протекающей в узкой части теснины Суканского ущелья. При этом затор (запруда) образовался на участке длиной до 300 м. от конуса выноса до 2-х заваленных мостов

из железобетонных конструкций. Выше затора аккумулировалась водная масса с повышением уровня воды. В результате размыва и прорыва образовавшегося затора между правым берегом и крайними опорами двух разрушенных мостов (рис. 4, 5) в нижнем течении сформировался бесструктурный смешанный (грязевой и водокаменный) селевой поток в русле р. Псыгансу.



Рисунок 4 – Место размыва верхнего моста по руслу р. Псыгансу (фото ОЭИ ВГИ)



Рисунок 5 – Место размыва нижнего моста по руслу р. Псыгансу (фото ОЭИ ВГИ)

Селевой поток, возникший в результате прорыва затора по р. Псыгансу, повредил водопровод (из стальной трубы), проложенный по дну русла, разрушил, с завалом селевыми выносами, два капитальных моста и практически размыл полотно грунтовой автодороги для прогона (провоза) скота к животноводческим фермам (кошам) на протяжении 5,51 км. На отдельных участках русла активизировалась боковая и донная эрозия с размывом береговых склонов (рис. 4, 5). Крупные селевые отложения сформировались в виде лент вдоль берегов русла р. Псыгансу, характерных для селевых паводков.

Объем сошедшего селя, когда нельзя определить прямым обмером из-за частичного размыва селевых отложений на конусе выноса или труднодоступности, можно определить аналитическими методами расчета. Определяем объем твердого селевого выноса двумя известными формулами [9]:

а) Расчетная зависимость по суточному слою осадков:

$$W = 1000 \cdot H \cdot \alpha \cdot \beta \cdot F = 1000 \cdot 34,6 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 3,9 = 85,0 \text{ тыс. м}^3 \quad (1)$$

где:

H – суточный слой осадков, вызвавший сход селя $H = 34,6 \text{ мм}$

α – коэффициент стока, принимаемый для высокогорных бассейнов равным 0,5-0,7

и более. Так как перед сходом селя грунт на береговых склонах был насыщен водой (за 14 дней выпал слой $X = 56,4 \text{ мм}$, нами предлагается брать $\alpha = 0,9$)

β – объемное содержание наносов в селевом потоке (1 м^3 воды), значение β находится в пределах 0,1-0,7 и более, (берем $\beta = 0,7$, для грязекаменного)

F – площадь водозаборного бассейна р. Худзур, ($F = 3,9 \text{ км}^2$)

б) Вторая зависимость по разовым слоям наносов по площади бассейна.

$$W = 1000 h_n \cdot F = 1000 \cdot 3,9 \cdot 22 = 85,8 \text{ тыс. м}^3, \quad (2)$$

где:

h_n – разовый слой наносов, отнесенный по всей площади бассейна, который принимается равным в пределах 20-25 мм для высокогорных бассейнов, берем $h_n = 22 \text{ мм}$

Объем твердого выноса грунта, рассчитанный по формулам (1)-(2) дают погрешность до 1%, что допустимо при расчетах.

На момент обследования объем селевого отложения в русле р. Псыгансу на участке от конуса выноса до 2-го заваленного моста составляет:

$$W_m = L \cdot B \cdot h_n = 350 \cdot 30 \cdot 1,0 = 10,5 \text{ м}^3, \quad (3)$$

где измеренные параметры:

L – длина отложения селевого выноса до 2-го моста в русле р. Псыгансу, ($L = 350 \text{ м}$);

B – средняя ширина селевого отложения в русле реки, $B = 30 \text{ м}$;

$h_{от}$ – высота селевых отложений, $h = 1,0 \text{ м}$, определяем объем вовлеченного селя в водный поток р. Псыгансу.

$$W_w = W_m - W_{отл.} = 85,8 - 10,5 = 75,3 \text{ тыс. м}^3, \quad (4)$$

где:

W_m – объем выноса

$W_{отл.}$ – объем отложений селевого материала в русле.

То есть свыше 50% объема выноса селя р. Худзур вовлечены в селевой поток р. Псыгансу при размыве запруды.

Отложения состоят примерно на 70% из мелких, средних и крупных овальных камней диаметром от 100 до 1000 мм с редкими включениями (в т.ч. и рваных), значительных размеров валунов до 2,5 м, мелкая фрак-

ция (30%) представлена галькой, гравием и среднезернистыми песками (0,1-100 мм). Плотность горных пород отложений из кварца и вулканических туфов $\rho=2,65 \text{ т/м}^3$ [10].

Выводы:

- условия рельефа в совокупности с наличием рыхлообломочных масс – продуктов разрушения горных пород в русле р. Худзур благоприятствовали развитию селеформирования в бассейне;

- селевой процесс по р. Худзур был спровоцирован ливневыми осадками высокой интенсивности. Селеформирующая сумма осадков составила за 15 дней 91 мм, в том числе в день схода 34,6 мм;

- селевые выносы большого объема р. Худзур образовали затор (запруду) по р. Псыгансу в Суканской теснине, последующий размыв ($W_{\text{раз}} = 75,3 \text{ тыс.м}^3$) которого сформировал селевой поток с негативным воздействием на объекты экономики.

Рекомендации. Безопасность жизнедеятельности на участке Суканской теснины в период повышенной селевой опасности может быть обеспечена проведением следующих мероприятий:

- устройство в русле Худзур сквозного противоселевого сооружения [11-12];

- на въезде в Суканскую теснину как снизу, так и сверху установить дорожные знаки, предупреждающие о селевой опасности и запрещающие на этом участке движение и проход автотранспорта, механизмов, туристических групп, прогон скота и т.д. во время дождевых и ливневых осадков;

- в селеопасный (дождливый) период (май-сентябрь) необходимо организовать постоянный мониторинг за водотоками бассейна р. Псыгансу с целью прогноза и предупреждения возможного схода селя;

- при возникновении условий повышенной селевой опасности необходимо организовать оповещение населения и хозяйствующих субъектов (осуществляющих деятельность на данной территории) и перекрытия доступа к участку Суканской теснины из-за возможного схода селя;

- разработка проекта противоселевых агромелиоративных и гидротехнических защитных мероприятий в урочище Худзур, восстановление автодороги по 2-ой береговой террасе р. Псыгансу на участке протяженностью более ~5 километров с комплексом берегозащитных (противоэрозионных) сооружений.

Литература

1. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 312 с.
2. Перов В.Ф. Селеведение: учебное пособие. – М.: МГУ, 2012. – 270 с.
3. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М.: Издательство МГУ, 1996. – 45 с.
4. Залиханов М.Ч., Коломыц Э.Г. и др. Высокогорная геоэкология в моделях. – М.: Наука, 2010. – 487 с.
5. Бураев Р.Х., Емузов А.З. География Кабардино-Балкарской Республики. – Нальчик, 1998. – С. 222-226.
6. Карта М 1:20000. К-38-VIII. ГУ Геодезии и картографии при СМ СССР. – М., 1990. (состояние местности на 1984 г).
7. Метеоданные СКЦГМС (Гидрометцентр) по КБР, метеостанция «Бабугент» на июнь 2016 г. Нальчик.

References

1. Flejshman S.M. Seli. – L.: Gidrometeoizdat, 1978. – 312 s.
2. Perov V.F. Selevedenie: uchebnoe posobie. – M.: MGU, 2012. – 270 s.
3. Perov V.F. Selevye yavleniya. Terminologicheskij slovar'. – M.: Izdatel'stvo MGU, 1996. – 45 s.
4. Zalianov M.Ch., Kolomyc E.G. i dr. Vysokogornaya geoekologiya v modelyah. – M.: Nauka, 2010. – 487 s.
5. Buraev R.H., Emuzov A.Z. Geografiya Kabardino-Balkarskoj Respubliki. – Nal'chik, 1998. – С. 222-226.
6. Karta M 1:20000. K-38-VIII. GU Geodezii i kartografii pri SM SSSR. – M., 1990. (sostoyanie mestnosti na 1984 g).
7. Meteodannye SKCGMS (Gidrometcentr) po KBR, meteostanciya «Babugent» na iyun' 2016 g. Nal'chik.

8. *Анахаев К.Н., Гегиев К.А., Анаев М.Т. и др.* Методические рекомендации по обеспечению противоселевой безопасности объектов экономики (часть 1). – Нальчик: ВГИ, 2016. – 60 с.

9. *Гегиев К.А., Шерхов А.Х., Гергокова З.Ж.* Метод расчета основных параметров селевого и наносоводного потоков // *Безопасность жизнедеятельности.* – 2020. – №12. – С. 33-37.

10. *Анахаев К.Н., Акшяков З.Т., Анахаев Х.А.* Определение объемно-площадных характеристик округлых тел произвольной формы // *Природообустройство.* – 2017. – № 3. – С. 22-27

11. *Анахаев К.Н., Анаев М.Т. и др.* Сквозное противоселевое сооружение. Патент на изобретение №2562845. Бюл. № 25 от 10.09.2015 г.

12. *Анахаев К.Н., Беликов В.В., Амшников Б.Х., Анахаев К.К.* Обновленные характеристики селевых бассейнов // *Гидротехническое строительство.* – 2021. – №3. – С. 50-54.

8. *Anahaev K.N., Gegiev K.A., Anaev M.T. i dr.* Metodicheskie rekomendacii po obespecheniyu protivoselevoj bezopasnosti ob"ektov ekonomiki (chast' 1). – Nal'chik: VGI, 2016. –60 s.

9. *Gegiev K.A., Sherhov A.H., Gergokova Z.Zh.* Metod rascheta osnovnyh parametrovselevogo i nanosovodnogo potokov // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2020. – №12. –S. 33-37.

10. *Anahaev K.N., Akshayakov Z.T., Anahaev H.A.* Opredelenie ob"emno-ploshchadnyh harakteristik okruglyh tel proizvol'noj formy // Prirodoobustrojstvo. – 2017. – № 3. – S. 22-27

11. *Anahaev K.N., Anaev M.T. i dr.* Skvoznoe protivoselevoe sooruzhenie. Patent na izobretenie №2562845. Byul. № 25 ot 10.09.2015 g.

12. *Anahaev K.N., Belikov V.V., Amshokov B.H., Anahaev K.K.* Obnovlennye harakteristiki selevyh bassejnov // Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. – 2021. – №3. – S. 50-54.