

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 7th International Conference

Chengdu, China, 23–27 September 2024



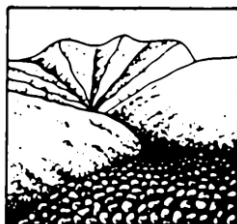
Edited by
S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC
Moscow
2024

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
7-й Международной конференции

Чэнду, Китай, 23–27 сентября 2024 г.



Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева

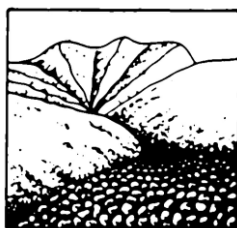
ООО «Геомаркетинг»
Москва
2024

泥石流： 灾害、风险、预测、防治

會議記錄

第七届国际会议

中国成都, 2024年9月23日至27日



編輯者

S.S. Chernomorets, K. Hu, K. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC

莫斯科

2024

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). – Ed. by S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC. 622 p.

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2024. 622 с.

泥石流：灾害、风险、预测、防治。 會議記錄 第七届国际会议. 中国成都。 編輯者 S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – 莫斯科: Geomarketing LLC. 622 p.

ISBN 978-5-6050369-6-8

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), К. Ху (Институт горных опасностей и окружающей среды Китайской академии наук), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (Lomonosov Moscow State University), K. Hu (Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS), K.S. Viskhadzhieva (Lomonosov Moscow State University).

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).

Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

© Селевая ассоциация

© Debris Flow Association



Природные селевые потоки на Западном Кавказе в районе Сочи

В.И. Крыленко¹, И.В. Крыленко², Е.В. Дзагания³, М.Ю. Дзагания⁴

¹Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, krylenkovasily@gmail.com

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, i-krylenko@yandex.ru

³ООО «ГК «Инжзащита», Сочи, Россия, krylenka@gmail.com

⁴Спасательная служба, Сочи, Россия, ya-lesnoi2012@yandex.ru

Аннотация. Исследования селевых потоков в районе города Сочи на Западном Кавказе показывают, что наиболее масштабные и разрушительные селевые потоки в этом районе формируются в результате внезапных крупных обвалов, оползней, запруд в труднодоступных долинах горных рек условиях высокой сейсмической активности, горного рельефа, пестрого геологического строения, разнообразных ландшафтов, влажного морского климата с интенсивными обильными осадками.

Анализ условий формирования селевых процессов природного генезиса на отдельных малых реках Бжижу, Кепша, где сошли крупные селевые потоки в недавнем прошлом, дает возможности для поиска закономерностей проявления селевых процессов в долинах рек Западного Кавказа, в Сочинском районе Краснодарского края России. Потенциально опасные природные селевые очаги также выявлены в бассейнах рек Бзерпия, Пслух, Лаура и их притоков (бассейн реки Мзымта), в бассейне правого притока реки Шахе и др.

Результаты исследований рекомендуется использовать при составлении планов хозяйственного освоения территорий (генеральных планов) и заблаговременно осуществлять мероприятия по защите существующих населенных пунктов и прилегающих особо охраняемых природных территорий Сочинского национального парка и Кавказского биосферного заповедника.

Ключевые слова: природные селевые потоки, Сочи, селевой очаг, растительный покров, водосборный бассейн, обвалы, оползни, Западный Кавказ

Ссылка для цитирования: Крыленко В.И., Крыленко И.В., Дзагания Е.В., Дзагания М.Ю. Природные селевые потоки на Западном Кавказе в районе Сочи. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 262–272.

Natural debris flows in the Western Caucasus, Sochi area

V.I. Krylenko¹, I.V. Krylenko², E.V. Dzaganii³, M.Yu. Dzaganii⁴

¹Institute of Water Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, krylenkovasily@gmail.com

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, i-krylenko@yandex.ru

³LLC “GK “Inzhzashchita”, Sochi, Russia, krylenka@gmail.com

⁴Rescue Service, Sochi, Russia, ya-lesnoi2012@yandex.ru

Abstract. Studies of debris flows in the area of the city of Sochi in the Western Caucasus show that the most large-scale and destructive debris flows in this area are formed as a result of sudden large landslides, landslides, dams in hard-to-reach mountain river valleys under conditions of high seismic activity, mountainous terrain, variegated geological structure, various landscapes, humid maritime climate with intense heavy rainfall.



Analysis of the conditions for the formation of debris flow processes of natural genesis on individual small rivers Bzhizhu and Kepsha, where large debris flows occurred in the recent past, makes it possible to search for patterns in the manifestation of debris flow processes in the river valleys of the Western Caucasus, in the Sochi region of the Krasnodar Territory of Russia. Potentially dangerous natural debris flow centers have also been identified in the basins of the Bzerpiya, Pslukh, Laura rivers and their tributaries (the Mzymta River basin), in the basin of the right tributary of the Shakhe River, etc. The research results are recommended to be used when drawing up plans for the economic development of territories (master plans) and to take measures in advance to protect existing settlements and adjacent specially protected natural areas of the Sochi National Park and the Caucasus Biosphere Reserve.

Key words: *natural debris flows, Sochi, debris flow origination site, vegetation cover, drainage basin, rockfalls, landslides, Western Caucasus*

Cite this article: Krylenko V.I., Krylenko I.V., Dzaganiiia E.V., Dzaganiiia M.Yu. Natural debris flows in the Western Caucasus, Sochi area. In: Chernomorets S.S., Hu K., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). Moscow: Geomarketing LLC, 2024, p. 262–272.

Введение

Муниципальный городской округ (МГО) Сочи расположен на южных склонах горной системы Западного Кавказа, вдоль восточного побережья Черного моря и занимает около 3,5 тыс. км. При этом селитебные территории города-курорта Сочи занимают около 6 %, в основном вблизи берега Черного моря. В границы МГО Сочи, кроме населенных пунктов, также входят земли лесничеств и особо охраняемых территорий (ООПТ) Сочинского национального парка (площадь 2086 км²), Кавказского государственного природного биосферного заповедника имени Х.Г. Шапошникова.

Сочи является наиболее популярным курортом и туристическим центром России, быстро растущим мегаполисом с развивающимися горнолыжными курортами. Границы города-курорта постоянно отодвигаются от побережья Черного моря в горную местность. Актуальность исследования природных селевых процессов заключается в том, что при рекреационном и хозяйственном освоении горных районов многократно повышается опасность катастрофических воздействий на населенные пункты при внезапной активизации опасных природных процессов.

Исследования селевых потоков показывают, что наиболее масштабные и разрушительные селевые потоки в этом районе формируются в результате внезапных крупных обвалов, оползней, запруд в труднодоступных долинах горных рек в условиях высокой сейсмической активности, влажного субтропического климата с интенсивными обильными осадками до 300 мм/сут.

Анализ особенностей природных условий на реках Кепша (приток реки Мzymта в селе Кепша) и на реке Бжижу (приток реки Псезуапсе, аул Тхагапш), где в последние несколько десятилетий сошли крупные селевые потоки, дает возможность выявить аналогичные, потенциально селеопасные долины рек и учитывать риски при освоении территорий. Результаты исследований рекомендуется использовать при составлении генеральных планов территорий и заблаговременно осуществить мероприятия по защите существующих населенных пунктов для обеспечения безопасности и устойчивого развития города-курорта Сочи и прилегающих особо-охраняемых природных территорий Сочинского национального парка и Кавказского биосферного заповедника.

Краткий обзор проблемы

Несмотря на сильно пересеченную местность с высотой вершин на Главном Кавказском хребте более 3000 м, крутые склоны, множество рек с бурным течением,



обильные осадки, район города Сочи еще три десятилетия назад относили к категории территорий со слабой селевой опасностью. Густые широколиственные, хвойные леса, альпийские луга, занимая преобладающую часть территории, надежно защищали склоны от эрозии. Сельскохозяйственные земли в основном представляли собой сады, чайные плантации, которые также препятствовали эрозии.

В период подготовки XXII Зимних Олимпийских игр в городе Сочи застройка продвинулась в горы до субнивального пояса. Тысячи гектаров леса были вырублены. На склонах появились дороги, лыжные трассы, кабельные линии, линии электропередач, отвалы грунта.

Сплошные рубки леса, повреждение почв, подрезки склонов, отвалы рыхлообломочного материала на склоны привели к росту селевых очагов. Антропогенное воздействие вызвало многократное увеличение случаев схода селевых потоков на водотоках: реках Сулимовская, Ржаная, временных водотоках на участке от подстанции Мзымта до Культурно-этнографического центра "Моя Россия", в зоне строительства трамплинов на ручье Вторая Бригада, на временном водотоке Мостовой и др.

Тем не менее, наиболее мощные сходы селевых потоков были вызваны природными факторами: обвалами и оползнями. Эти природные процессы несут значительную угрозу безопасности населенных пунктов. Целью данной работы было выявление общих закономерностей природных селевых событий для выявления территорий с наибольшей опасностью образования природных селевых очагов и селевых потоков.

Сведения о природных селевых событиях на реках Кепша, Бжижу, Кутарха

Река Кепша

Река Кепша является правым притоком реки Мзымта (бассейн Черного моря). Впадает в реку Мзымта в 27 км от ее устья. Длина реки Кепша около 11 км, площадь водосборного бассейна – 37,8 км², средняя высота бассейна 680 м, средний уклон бассейна – 611 промилле, отношение длины к средней ширине бассейна – 3,2. Бассейн относительно симметричный, вытянутый вдоль русла, ширина составляет примерно половину протяженности бассейна, форма близка к четырехугольнику. В 100 м от устья в реку Кепша впадает правый приток Ахцу. Наивысшая отметка водосбора – 1449 м, отметка устья – 175 м.

В результате огромного обвала и последующего оползня в начале 2000-х гг. в русло и пойму реки Кепша попало около 10 миллионов кубов рыхлого грунта. Селевой очаг образовался в истоках реки Кепша на отметках 765 – 1052 м с продольным размером 0,9 км и шириной до 0,3 км. Он хорошо виден на спутниковых снимках, так как его площадь более 10 гектар, мощность оценивается до 50 м. Селевой очаг находится примерно в 9,5 км от села Кепша (рис. 1, 2) с населением около 300 человек.

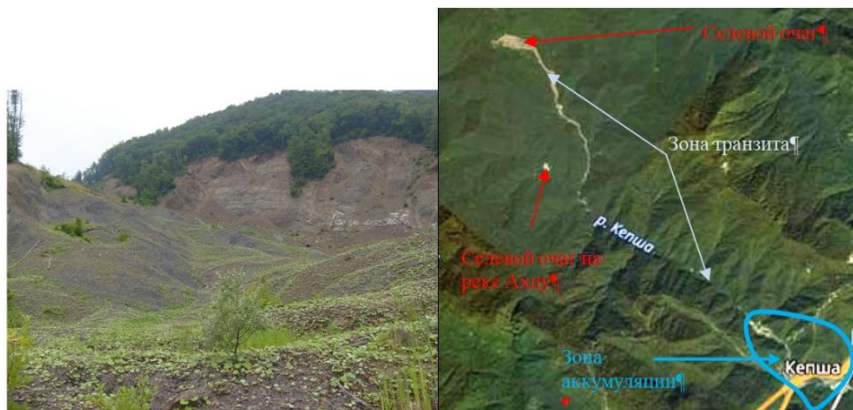


Рис. 1. Селевой очаг в верховьях и схема селевых зон реки Кепша. Фото И.В. Крыленко. Спутниковый снимок © Antrix Corporation Ltd. © ООО ИТЦ «СКАНЭКС» © Яндекс, 2012



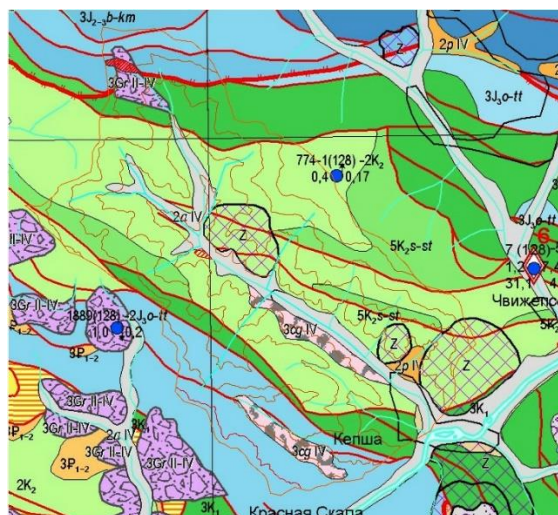
Рис. 2. Зона транзита селевого потока на реке Кепша. Фото И.В. Крыленко

Обвал произошел в Чвежипсинском подрайоне Больше-Кавказской гидрогеологической складчатой области, в зоне главного водопроявляющего разлома согласно [Отчета ФЦП, 2007] (рис. 3).

Область в истоках реки Кепша, где произошел обвал, приурочена к нерасчлененному верхнеэоценово-голоценовому водоупорному горизонту гравитационного комплекса отложений, сложенному дресвяно-глинистыми отложениями с включением щебня, глыб, отторженцев, глин и суглинков. Бассейн реки Кепша относится к карстовому району Ахцу. В русле отмечены щебнисто-глинистые и дресвяно-глинистые отложения. В остальной части бассейна преобладает верхнемеловой водоносный горизонт казачебродской мергельно-известняковой толщи. Имеются источники гидрокарбонатных подземных вод. В соседней долине реки Чвежипсе находятся месторождения подземных минеральных вод, которые используются как лечебные.

Поселок Кепша находится на пойме реки Мзымта, в устьях рек Ахцу и Кепша, в зоне затопления этих рек и на конусе выноса реки Кепша, на отметках 175–180 м. Кроме того, паводок на реке Мзымта вызывает подпор стока и способствует увеличению паводковых уровней воды в притоках. Наносоводные потоки и карчеход заполняют отверстия под мостами, образуя запруды, и затапливают улицы поселка. В зоне затопления находится практически вся территория населенного пункта. Время прохождения водного паводка от истока до поселка – до 50 мин. При прохождении селя возможно образование запруд в узком ущелье, которые могут прорваться в период дождей и снести все, что расположено ниже по течению в зоне воздействия потока.

Селевые паводки наблюдаются несколько раз в году при выпадении интенсивных осадков, вынося в устье тысячи кубометров щебнистого мелкозернистого материала.



774-1(128)-2K2/0,4 ● 0,17

Родник: вверху номер по каталогу и индекс. Цифры слева – дебит, справа – минерализация, г/дм³

а

Зоны водоподводящих разломов:

б

а – главные;

б – второстепенные



Отторженцы коренных пород



Селевой очаг (обвал, оползень)



Граница водосборного бассейна

Рис. 3. Фрагмент гидрогеологической карты [Отчет ФЦП, 2007]. Бассейн реки Кепша. Условные обозначения: 2K₂ – верхнемеловой водоносный горизонт Казачебродской толщи, переслаивание мергелей и известняков, песчаников и алевролитов; 2a IV – аллювиальный голоценовый водоносный горизонт: валунно-галечники и гравийники с прослоями песков и глин; 3Gr II-IV – нерасчлененный верхнеоплесточеново-голоценовый водоупорный горизонт гравитационного комплекса отложений, сложенный дресвяно-глинистыми отложениями с включением щебня, глыб, отторженцев, глин и суглинков; 3cg IV – коллювиально-делювиальный голоценовый относительно водоупорный горизонт: глыбы, дресва, щебень; 3J_{2-3b-km} – байосско-кимериджский относительно водоупорный горизонт: туфы, туффиты, аргиллиты с прослоями алевролитов, туфопесчаников и песчаников; 3J_{3o-tt} – оксфордско-берриасский относительно водоупорный горизонт: аргиллиты, песчаники, мергели, известняки

Река Бжижу

Аул Тхагапш (население около 200 человек) находится в устье р. Бжижу на отметках 130–150 м в зоне затопления пойм рек Бжижу и Псеузапсе.

4–5 июня 2016 г. в Лазаревском выпало 201 мм осадков за сутки, 90 мм за 1 ч с 22.00 до 23.00 04 июня 2016 г. Ночью на 5 июня через село Тхагапш сошел грязекаменный селевой поток (рис. 4). В районе поселка Солоники был разрушен мост через реку Цуквадж. В Лазаревском районе повреждены дороги и жилые дома, в некоторых населенных пунктах прекращено электроснабжение. По словам местных жителей, в ауле Тхагапш это было уже третье наводнение, предыдущее было в 2013 г. [Шапсугова, 2016].

Река Бжижу является правым притоком Псеузапсе бассейна Черного моря, впадает на 14-м км от ее устья. Длина реки около 7 км, площадь водосборного бассейна – 13,2 км², отношение длины к средней ширине бассейна – 3,6. Водосбор широкий, ассиметричный, неправильной формы, похожей на кленовый лист. Средний уклон водосбора – 387 промилле, средневзвешенный уклон русла 135 промилле, средняя



высота водосбора – 740 м. Высшая точка водораздела реки Бжижу – гора Гвачева (1121 м). Склоны покрыты густым лесом. В верховьях реки преобладают широколиственные леса: бук, граб, дуб, каштан, с вечнозеленым подлеском из рододендрона, иглицы и др. В русле имеются водопады. Долина реки V-образная. Режим реки характеризуется паводками, возможными в течение всего года.



Рис. 4. Аул Тхагапш после селевого паводка. Фото пресс-службы ЮРПСО МЧС России

Селевой очаг образовался в узком ущелье в результате обрушения нижней части правого крутого склона долины реки в русло реки Бжижу. Участок имеет длину по направлению сползания до 300 м и протяженность вдоль реки – до 400 м. Зона срыва отмечается на абсолютных отметках борта долины 275–415 м. Место обвала хорошо видно на спутниковых снимках. Общая площадь пораженного участка около 19 га, мощность оценивается до 30 м. Объем мог достигать 1,4 млн м³.

Следует отметить, что аналогичное строение имеет левый борт долины, где вероятность обвала (оползня) в русло также высока. Предположительно, в результате выпадения более 200 мм/сут дождевых осадков, экстремального паводка и обвала на реке Бжижу образовалось подпрудное озеро в районе водопада. Затем, в результате затяжных сильных дождей (с 4 по 6 июня 2016 г.), произошел прорыв, вызвавший формирование грязекаменного потока. Поток нес глыбы более 1 м в диаметре. Объем селевого выноса твердого стока на пойму реки Псезуапсе составил более 100 тыс. м³.

Долину реки Бжижу, перпендикулярно руслу, пересекает второстепенный водоподводящий разлом, проходящий по срединной части обвала (рис. 5). Вышележащий склон обводнен, имеются родники.



Рис. 5. Фрагмент гидрогеологической карты [Отчет ФЦП, 2007]. Бассейн реки Бжижу. Условные обозначения: 2pIV – пролювиальный голоценовый водоносный горизонт: щебнисто-глыбовые, валунные и глинисто-дресвяные отложения; 3K_{1g-a} – готеривско-аптский относительно водоупорный горизонт: глины, алеволиты, песчаники; 3Gr II-IV – нерасчлененный верхненеоплесточеново-голоценовый водоупорный горизонт гравитационного комплекса отложений, сложенный дресвяно-глинистыми отложениями с включением щебня, глыб, отторженцев, глин и суглинков. Остальные обозначения см. на рис. 3



Согласно гидрогеологической карте [Отчет ФЦП, 2007], срыв верхнего пласта грунта произошел по нижней границе отторженца коренных пород и верхней границе пролювиального голоценового водоносного горизонта с щебнисто-глыбовыми, валунными и глинисто-дресвяными отложениями.

Река Кутарха

Река Кутарха является левым притоком реки Сочи и впадает на 11-м км от ее устья. Длина реки – 6,5 км, площадь водосбора – 12,7 км², средняя высота водосбора – 282, средний уклон водосбора – 350‰, средневзвешенный уклон русла – 54‰. Форма бассейна ассиметричная, неправильная, отношение длины к ширине бассейна – 3,3. Речная сеть густая. Рельеф бассейна горный, поверхность сильно пересечена, склоны покрыты лесом, за исключением южного водораздельного гребня и нижнего течения, где находятся дачные участки и сельская низкоплотная застройка. Речная сеть густая. Долина V-образная, русла – водопадного типа. В долине рек Кутарха и Сочи имеются многочисленные выходы подземных вод. Вблизи от устья реки Кутарха в долине реки Сочи находятся эксплуатируемые источники минеральной воды Пластунская, которая используется как лечебная. Северный высокий водораздельный хребет Алек, с высотами более 800 м н.у.м., является наветренным при прохождении атмосферных фронтов со стороны Черного моря и долины реки Сочи, что способствует обильному выпадению конвективных осадков на его юго-западных склонах. Кроме того, хребет Алек является карстовым районом с многочисленными пещерами.

На реке Кутарха, притоке реки Сочи бассейна Черного моря, селевые потоки в последние три десятилетия не наблюдались. Тем не менее, в ее долине присутствуют признаки того, что река является селеопасной: мощные эрозионные врезы, борозды, заполненные рыхлообломочным материалом, русло и террасы выполнены мощными отложениями рыхлых материалов, с неустойчивыми оползневыми крутыми склонами, подрезаемыми при проходе высоких вод. В начале 2024 г., в результате выпадения снежных осадков, половодья при потеплении и последующего наложения дождевого паводка, в долине реки Кутарха произошел срыв оползня с образованием подпрудного озера длиной около 200 м и шириной до 50 м, глубина – около 3 м, объем – около 20 000 м³ (рис. 6).

Активный оползень имеет длину по направлению сползания до 380 м, протяженность вдоль реки – до 220 м. Зона срыва отмечается на абсолютных отметках борта долины 280 м, низ оползня находится на отметке 130 м. Общая площадь пораженного участка около 9,5 га, мощность оценивается до 10 м. Объем тела оползня может достигать 160 тыс. м³.



Рис. 6. Подпрудное озеро на реке Кутарха, образовавшееся в результате оползня в 2024 г. Фото М.Ю. Дзагания



Как следует из сведений гидрогеологической карты (рис. 7), оползень сошел в нижней части бассейна на границе пролювиального голоценового водоносного горизонта и нерасчлененного верхнеоплесточеново-голоценового водоупорного горизонта, в зоне выхода подземных вод (рис. 8) у подножия карстового массива Алек.

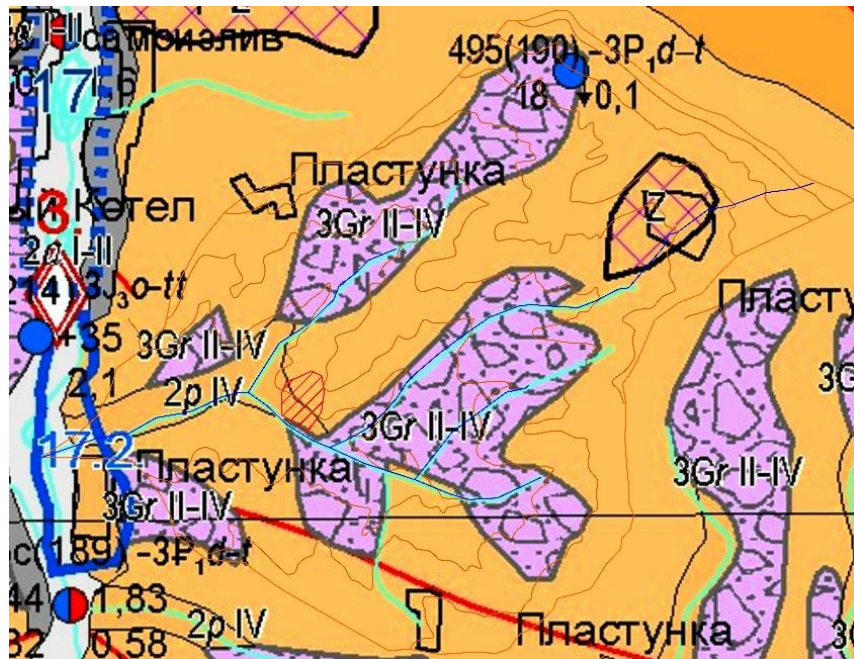


Рис. 7. Фрагмент гидрогеологической карты [Отчет ФЦП, 2007]. Бассейн реки Кутарха. Условные обозначения: 2pIV – пролювиальный голоценовый водоносный горизонт: щебнисто-глыбовые, валунные и глинисто-дресвяные отложения; 3Gr II-IV – нерасчлененный верхнеоплесточеново-голоценовый водоупорный горизонт гравитационного комплекса отложений, сложенный дресвяно-глинистыми отложениями с включением щебня, глыб, отторженцев, глин и суглинков. Остальные обозначения см. на рис. 3



Рис. 8. Родник у подножия хребта Алек в пойме реки Кутарха, ныне погребенный под телом оползня, 2017 г. Фото Е.В. Дзаганя



При обследовании оползня чувствовался запах сероводорода, что может свидетельствовать о вскрытии ранее погребенных источников подземных вод с содержанием сероводорода (в городе Сочи находятся месторождения сероводородных минеральных вод и на их основе действует бальнеологический комплекс Мацеста, который находится в смежной с юга долине реки Мацеста). Предположительно, линии второстепенных водоподводящих разломов проходят от бассейна реки Мацеста, пересекают бассейн реки Кутарха и далее выходят к месторождению Пластунских минеральных в бассейне реки Сочи.

Язык оползня обводнен и состоит из мелкого рыхлообломочного грунта.

Образовался крупный селевой очаг, угрожающий наводнением в случае выпадения интенсивных осадков и прорыва озера, с возможным образованием грязекаменного потока. В устье реки Кутарха и в долине реки Сочи расположено село Пластунка с населением 2270 человек. Еще ниже по течению реки Сочи находится густонаселенный Центральный городской район города Сочи. На момент написания статьи ситуация остается опасной.

Выводы. Признаки повышенной опасности схода селевых потоков в водосборных бассейнах Сочинского района






Исследуемый район обладает рядом факторов, способствующих образованию селевых потоков в условиях горной местности и характерных для большинства бассейнов водотоков. К таким факторам можно отнести высокую сейсмичность до 9 баллов, интенсивные дождевые осадки до 300 мм/сут, возможность наложения половодья и дождевых паводков, густая ручьевая сеть. В высокогорье конусы осыпей и лавинных выносов достаточно постоянны, и эти очаги не носят внезапный характер. Большая часть природных селей происходит на безлюдных территориях, из-за чего селевая опасность часто бывает недооцененной. После продвижения человека в горы и освоения земель селевые процессы могут принести значительный ущерб населению и новым объектам.

По итогам комплексного изучения природных селевых процессов с привлечением материалов гидрогеологических исследований, преимущественно в среднегорной залесенной зоне Сочинского района, можно сформулировать следующие признаки наиболее неблагоприятных с точки зрения селевой опасности бассейнов:

1. Наличие крупных селевых очагов, оползней, осыпей и обвалов, лишенных растительного покрова при наличии такового на смежных участках, а также участки с «пьяным» лесом.
2. Глубоко врезанные V-образные долины, сложенные легко разрушающимися породами, рыхлыми обломочными грунтами, щебнисто-глыбовыми, валунными и глинисто-древянными отложениями.
3. Типы русловых процессов – ограниченное меандрирование, русловая многорукавность.
4. Орографические особенности, способствующие образованию в руслах подпрудных озер, завалов из карчехода в узких частях днища долины.
5. Наличие месторождений подземных вод.
6. Расположение на пересечениях главных или второстепенных водоподводящих разломов, на границах водоупорных и водоносных горизонтов и гидрогеологических формаций.
7. Юго-западная экспозиция бассейнов, их открытость для воздушных масс, идущих со стороны Черного моря.
8. Средние уклоны водосборных бассейнов более 350 промилле.
9. Отношение длины бассейна к ширине – менее 5.
10. По этим признакам, на основании анализа спутниковых снимков, выделен еще ряд рек в бассейне реки Мзымта, где вероятность формирования схода селевых потоков очень высока (таблица 1).



Таблица 1. Водотоки в бассейне реки Мзымта с высокой вероятностью схода селей

Местоположение	Фрагмент спутникового снимка	Координаты		Размеры и отметки очага	Примечания
		N	E		
Бассейн Чвижепсе, р. Медовеевка		43°44'21.12"	40° 6'10.25"	1700 м – низ, 1750 м – верх, ширина – 240 м, длина – 450 м, площадь – 0,53 км ²	Проходит главный водоподводящий разлом, имеются источники подземных вод, район карстовый
Гора Сапун, р. Чвижепсе		43°39'17.84"	40°01'58.43"	1070 м – низ, 1100 м – верх, ширина – 240 м, длина – 450 м, площадь – 0,02 км ²	
Массив Ачишхо, р. Бешенка, лев.		43°42'37.42"	40°11'43.11"	1520 м – низ, 1615 м – верх, ширина – 65 м, длина – 100 м, площадь – 0,01 км ²	Проходит главный водоподводящий разлом, в бассейне – месторождение подземных вод
Правый приток р. Ачипсе, ниже Хмелевских озер		43°44'01.67"	40°12'23.86"	1220 м – низ, 1330 м – верх, ширина – 300 м, длина по склону – 205 м, площадь – 0,05 км ²	Проходит главный водоподводящий разлом
Северо-восточный склон горы Бзерпи. Правый приток р. Пелуха (бассейн р. Пслух)		43°41'55.51"	40°24'02.04"	950 м – низ, 2200 м – верх, ширина – 500 м, длина по склону – 800 м, площадь – 0,2 км ²	Поперек проходит 2 разлома, в т.ч. главный. В бассейне Пелуха – источники минеральных вод



Следует отметить, что подобных селевых очагов даже в бассейне реки Мзымта – десятки, по Сочинскому району – сотни селеопасных бассейнов.

Настоящее исследование показывает, что появление крупных селевых очагов в Сочинском районе наиболее вероятно на участках, расположенных на пересечениях главных или второстепенных водоподводящих разломов, на границах водоупорных и водоносных горизонтов, в бассейнах с месторождениями подземных вод. Определение наиболее селеопасных бассейнов следует выполнять с использованием спутниковых снимков, гидрогеологических карт, основных гидроморфологических параметров бассейнов и уточнять в ходе полевых исследований.

Благодарности

Авторы благодарят руководство компании ООО «ГК «Инжзащита», Институт водных проблем Российской академии, Московского государственного университета им. Ломоносова за содействие и предоставленную возможность выполнения исследований.

Список литературы

- Ворошилов В.И. Селевые паводки и меры борьбы с ними на южном склоне Северо-Западного Кавказа: автореф. дис. канд. геогр. наук. Сочи: Изд-во Сочинского филиала Краснодарского политехнического института, 1972. 25 с.
- Дзаганя, Л. М. Применение лесомелиорации для селезащиты на Черноморском побережье Западного Кавказа / Л. М. Дзаганя // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Труды 6-й Международной конференции, Душанбе–Хорог, Таджикистан, 20–26 сентября 2021 года / Отв. редакторы С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. Том 1. – Душанбе–Хорог, Таджикистан: Общество с ограниченной ответственностью "Промоушн", 2020. – С. 405–417. – EDN JKEEUX.
- Отчет по созданию комплекта специализированных карт г. Б. Сочи и прилегающей части Туапсинского района для обоснования документов территориального планирования г. Б. Сочи и объектов ФЦП «Развитие г. Б. Сочи как горноклиматического курорта (2006 – 2014 гг.). / Отв. Р. Н. Лизогубова. — М.: ОАО «Росстройизыскания», «ОАО «Кавказгидрогеология», 2007.
- Спутниковые снимки Google Earth. Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, Image Landsat / Copernicus, Image IBCAO.
- Шапсугова Т. Сочинский аул приходит в себя после стихии. Электронный источник: Московский комсомолец, Сочи 2016