

**Выводы**

Проведенные расчетно-теоретические исследования позволяют разработать рекомендации по защите напорных водоводов рассматриваемых насосных станций от недопустимых колебаний давления при переходных процессах, возникающих при пуске насосных агрегатов.

Наиболее сложным вопросом при подготовке исходных данных является назначение времени переходного процесса, для которого выполняется расчет. Время принималось так, чтобы параметры, определяющие переходные процессы, заведомо получили бы за этот период экстремальные значения. Правильность принятого времени переходного процесса проверялась по изменению частоты вращения ротора насосного агрегата.

1. Аршеневский Н. Н. Пospelov B. B. Переходные процессы крупных насосных

станций. – М.: Энергия, 1980.

2. Бегляров Д. С. Защита напорных коммуникаций напорной станции от гидравлического удара // Гидротехника и мелиорация. – 1981. – № 10. – С. 55–57.

3. Вишневский К. П. Переходные процессы в напорных системах водоподачи. – М.: Агропромиздат, 1986.

Материал поступил в редакцию 30.09.13.

*Бегляров Давид Суменович, доктор технических наук, профессор кафедры «Насосы и насосные станции»*

*Тел. 8 (499) 976-11-85*

*Беглярова Эвелина Суменовна, кандидат технических наук, профессор*

*Тел. 8 (499) 976-21-56*

*Апресян Давид Шамилович, кандидат технических наук, ведущий инженер*

*E-mail: fender-omega@mail.ru*

*Тел. 8-926-569-34-34*

УДК 502/504:551.311

**К. Н. АНАХАЕВ, О. Л. АНТОНЕНКО**

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт», Нальчик

## **ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СЕЛЕОПАСНОСТИ БАССЕЙНОВ ГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ ВОДОТОКОВ**

*Разработана методика дифференцированной оценки территории селевых бассейнов горных водотоков с ранжированием их на различные уровни селеопасности, позволяющая выделить действительно селеопасные территории от практически безопасных в селевом отношении. Дано определение понятий водосборного и селевого бассейнов водотоков.*

*Селевой бассейн, водосборный бассейн, селеопасность, конус выноса.*

*The technique of the differentiated assessment of the territory of torrential pools of mountain water currents with their ranging on various levels of the seleopasnost, allowing to divide really mudflow territories from almost safe in the torrential relation is developed. Differentiation of concepts of water-collecting and torrential pools of water currents is given also.*

*Torrential pool, catchment basin, seleopasnost, carrying out cone.*

Одними из самых опасных склоновых процессов, протекающих на горных и предгорных территориях, являются сходы селевых потоков (селей). В большинстве случаев эти грозные стихийные явления сопровождаются весьма негативными воздействиями как на природные ландшафты (размывы берегов, создание запруд в руслах

водотоков, провокации оползней и обвалов, уничтожение лесов, пастбищ), так и на селитебные территории (завалы и разрушения населенных пунктов, промышленных и гражданских объектов, инженерных сооружений). Довольно часто в селевые потоки попадают автомашины, сносятся с путей железнодорожные составы. Нередко в

результате схода селей случаются трагедии, гибнут люди.

Поэтому для обеспечения необходимой безопасности жизнедеятельности в зонах развития селевых процессов в бассейнах горных и предгорных водотоков (особенно в случаях интенсивного техногенного или рекреационного их освоения) исключительное значение имеет оценка селеопасности этих территорий. Такая оценка позволяет оценить уровень селевой опасности для существующих и планируемых к строительству объектов различного назначения на данной территории.

В настоящее время для количественной оценки степени развития селевых процессов на горных территориях используют различные классификации, в том числе по критериям селеактивности, селеопасности, степени пораженности территории водосборных бассейнов и др. [1–5]. При этом степень селеактивности водосборных бассейнов горных водотоков определяют с учетом частоты схода селей за тот или иной период.

Существующие критерии селеопасности (и селепораженности) территории основаны на оценке уже проявленной мощности селевого потока, выражаемой, как правило, максимальным объемом единовременного выноса селевого материала. В частности, в зависимости от значений последнего выделена следующая градация селеопасности водосборных бассейнов: очень сильная опасность – более 500 тыс. м<sup>3</sup>; сильная опасность – 101...500 тыс. м<sup>3</sup>; средняя опасность – 10...100 тыс. м<sup>3</sup>; слабая опасность – менее 10 тыс. м<sup>3</sup> [3, 5].

Основным недостатком указанных (и других аналогичных) классификаций, оценивающих селеопасность территории водосборных бассейнов, является то, что в них уровень селеопасности, проявленный в самом русле водотока, в равной степени относят ко всей рассматриваемой площади бассейна [6–10]. При этом на кадастровых картах полностью закрашивается вся территория водосборного бассейна в ранжированный цвет селеопасности русла [3]. Между тем, по существу, во всех случаях основная площадь водосборов селевых русел остается совершенно неселеопасной, некоторая же часть территории селевого бассейна имеет гораздо меньшие уровни селеопасности, чем само селевое русло. Причем площадь практически безопасных в селевом отношении территорий может во много раз

превосходить по размерам территории действительно селеопасных участков.

Вышеизложенное наглядно показывает необходимость введения *дифференцированной оценки* селеопасности территории водосборных бассейнов, являющейся одной из важных и актуальных проблем при освоении горных и предгорных районов [11].

Следует отметить, что *селевой бассейн* является более «богатым» понятием, чем *водосборный бассейн*, поскольку включает в себя дополнительные территории, не являющиеся водосборными для селевого русла, но подпадающие под прямое воздействие селевого потока. Таковыми являются зоны поверхностей конуса выноса и затапливаемой поймы основной реки бассейна – в случаях возможности перекрытия ее выносами боковых селевых русел.

*Дифференцированная оценка* селеопасности водосборного бассейна основывается на разграничении территории бассейна по уровню селеопасности отдельных участков: *очень высокий* уровень –  $У_1$ , *высокий* уровень –  $У_2$ , *средний* уровень –  $У_3$  и практически неселеопасный (*нулевой*) уровень –  $У_0$ .

Селевая опасность по уровню  $У_1$  характеризует *очень высокий* уровень селеопасности территории водосборного бассейна, включающий зоны непосредственно вовлеченные в зарождение (формирование) селей и подверженные прямому воздействию селевого потока:

селевые очаги (территории прорывоопасных приледниковых озер, оконечностей ледников с заполненными внутриводосточными водами, водонасыщенные конечные морены, оползневые «живые» массивы на склонах селевых русел и др.);

само русло селевого водотока по трассе «селевой очаг – транзитный участок – конус выноса» (рис. 1, 2);

поверхности конусов выноса мощных селевых потоков, способных перемещать валуны размерами до 2...3 м и более (рис. 3);

береговые полосы селевого русла в транзитной зоне (места формирования «береговых оград» из крупнообломочных грунтов, камней и валунов);

вогнутые (по отношению к водотоку) береговые участки на поворотах селевого русла (шириной до 50 м и более – зоны выхода и выплескивания селевой массы с выбросом камней и валунов за пределы русла водотока) (рис.4).



Рис. 1. Ракыт – правый приток верховьев реки Булунгу-су – после прохождения селя. Транзитный участок селевого русла с *очень высоким* и береговые склоны со *средним* уровнями селеопасности (август 2007 года, Кабардино-Балкария)



Рис. 2. Русло селевого водотока ПС-6 (левого притока реки Мзымта) с *очень высоким* уровнем селеопасности. Противоселевая автодорожная галерея раздавлена селевыми массами (апрель 2012 года, Кабардино-Балкария)



Рис. 3. Конус выноса селевого русла реки Сылык-су с *очень высоким* уровнем селеопасности. Селевой поток изменил направление в сторону жилых домов при остановке скальных валунов (размером до 3...4 м) на вершине конуса выноса (июль 2010 года, Кабардино-Балкария)



Рис. 4. Вогнутый береговой участок селевого русла реки Герхожан-су с *очень высоким* уровнем селеопасности. Разрушенный девятиэтажный дом при выходе (на повороте) селевых масс с валунами из русла водотока (июль 2000 года, город Тырнауз, Кабардино-Балкария)

Селевая опасность по уровню  $У_2$  характеризует *высокий* уровень селеопасности территории водосборного бассейна, включающий зоны с опасным развитием негативных последствий схода селевых потоков:

размываемые берега при прямолинейном селевом русле;

размываемые вогнутые берега на поворотах селевого русла;

размываемые берега с противоположной стороны участков оползаний береговых склонов и селевых выносов боковых притоков;

обрушаемые береговые склоны селевых русел в результате подмыва их паводковыми, наносоводными и селевыми потоками;

неустойчивые водонасыщенные оползающие береговые склоны, в том числе с размываемыми участками

оснований;

поверхность конуса выноса вне трассы селевого русла;

затапливаемая пойма основной реки при перекрытии ее выносами селевых притоков.

Селевая опасность по уровню  $У_3$  характеризует *средний* уровень селеопасности территории водосборного бассейна, включающий зоны, потенциально подверженные возможному зарождению в них селевых потоков в периоды ливневых дождей и интенсивного снеготаяния. Этими водосборными территориями являются зоны (полосы) шириной до 150...200 м, в том числе:

суходолы и ложбины, где могут формироваться сели малой и средней мощности (объемом выносов до 5...10 тыс. м<sup>3</sup>);

территории искусственных грунтовых отвалов, размещенные на склонах с оползневыми проявлениями, подверженные водонасыщению поверхностными стоками и подземными (родниковыми) водами;

балки, сложенные рыхлообломочными грунтами, размываемые в периоды дождей, в том числе поверхностным стоком с вышерасположенной территории, сконцентрированным в сосредоточенные потоки дорогами, лесопросеками, ливнеотводными канавами горнолыжных трасс и т. д.;

поверхности горнолыжных трасс с «неправильно» нарезанными (или вышедшими из строя) ливнеотводными канавами.

Селевая опасность по уровню  $У_0$  характеризует практически неселеопасный (нулевой) уровень селеопасности территории водосборного бассейна:

природные ландшафты, располагаемые выше возможных очагов зарождения и формирования селевых потоков;

территории, сложенные коренными (скальными, полускальными) породами без селевых врезов и обвальных склонов;

территории, расположенные на достаточном удалении (до 150...200 м и более) от береговых склонов селевого русла, задернованные, проросшие лесом и т. д.;

территории альпийских и субальпийских лугов с крепкими корневыми

сплетениями, не подверженные эрозионному размыву даже в период ливневых дождей и интенсивного снеготаяния;

относительно ровные участки ландшафта местности без признаков эрозионного размыва и др.

Оценка селеопасности бассейнов водотоков зависит также от постоянно изменяющихся условий развития селевых процессов на горных и предгорных территориях, особенно в случаях крупномасштабного техногенного вмешательства в природные ландшафты с целью их хозяйственного или рекреационного освоения.

*Пример использования предложенной методики дифференцированной оценки селеопасности территории применительно к известному селевому бассейну реки Герхожан-су.*

Река Герхожан-су, правобережный приток реки Баксан, относится к числу наиболее селеопасных рек Юга России. Площадь водосборного бассейна составляет около 75 км<sup>2</sup>, при перепаде высот над уровнем моря от 4149 м в верховье до 1230 м в устье реки [12]. Герхожан-су формируется из двух селеопасных водотоков, имеющих ледниковое питание: реки Кая-арты-су и реки Сакашили-су, левого и правого притоков соответственно. Изучению селевых процессов бассейна реки Герхожан-су посвящены работы многих исследователей, в том числе С. М. Флейшмана, А. И. Шеко, В. А. Герасимова, И. Б. Сейновой, С. С. Черноморца, Э. В. Запорожченко и др.

По существующим в настоящее время классификациям вся территория водосборного бассейна реки Герхожан-су оценивается как территория «очень сильной» селевой пораженности, сплошь окрашенная темно-красным (бордовым) цветом на кадастровой карте, что означает очень сильную селевую угрозу на всей водосборной территории реки [3]. Селеопасность русла реки Герхожан-су неправомерно обобщена на всю водосборную территорию селевого бассейна («фоновая» оценка), хотя действительная селеопасность проявляется лишь на отдельных участках и в определенных ее зонах, а подавляющая часть площади водосборного бассейна реки (как будет показано ниже) остается практически

неселеопасной.

Ранжирование рассматриваемого селевого бассейна по предложенным дифференцированным уровням селеопасности территории, выполненное с учетом анализа данных натуральных маршрутных обследований, литературных источников, имеющих картографических материалов, фото- и видеоматериалов вертолетных облетов, показывает, что наиболее селеопасными участками бассейна реки Герхожан-су с очень высоким уровнем селеопасности  $У_1$  являются:

зоны (очаги) зарождения селевых потоков;

транзитное русло и прилегающие к нему береговые склоны с опасно развивающимися экзогенными процессами;

крупный береговой оползневой массив «Бузулган»;

русло реки, ограниченное параметрами канала, на конусе выноса.

Территории транзитных участков реки Герхожан-су и ее селеопасных притоков, относящиеся к очень высокому уровню селеопасности территории  $У_1$  при общей (суммарной) их длине около 55...60 км и усредненными по ширине до 80...100 м неустойчивыми береговыми склонами, составляют около 4,8 км<sup>2</sup>.

К высокому уровню селеопасности  $У_2$  территории бассейна реки Герхожан-су относятся:

размываемые берега на прямолинейных участках русла реки;

размываемые вогнутые берега на поворотах селевого русла;

размываемые берега русла, противоположные к участкам оползаний склонов и боковых выносов в селевое русло;

обрушивающиеся берега при подмыве селевым потоком оснований прилегающих склонов, усредненной шириной 100...150 м;

существующая поверхность конуса выноса реки Герхожан-су;

затапливаемая пойма реки Баксан с верховой стороны от реки Герхожан-су и другие, что в целом составляет около 5,6 км<sup>2</sup>.

Территории со средним уровнем селеопасности  $У_3$  включают:

суходолы и ложбины, где могут формироваться сели малой и средней

мощности объемом выносов до 5...10 тыс. м<sup>3</sup>;

балки в рыхлообломочных грунтах, размываемые в период дождей; при усредненной ширине водотоков 100 м и 30%-й реализуемости наступления событий составляющие около 2,6 км<sup>2</sup>.

Таким образом, общая пораженность селевыми процессами территории бассейна реки Герхожан-су по всем уровням селеопасности составляет около 13 км<sup>2</sup> (17,6 %) площади бассейна водотока, в том числе по ранжированным уровням селеопасности:  $У_1$  (очень высокому) – 6,4 %;  $У_2$  (высокому) – 7,6 %;  $У_3$  (среднему) – 3,5 %. К неселеопасному (нулевому) уровню  $У_0$  относится около 61 км<sup>2</sup> территории, т. е. 82,4 % общей площади водосборного бассейна.

По действующей в настоящее время системе оценки селеопасности территории вся водосборная площадь реки Герхожан-су относится к категории «очень сильно» селеопасной территории, что не соответствует действительному состоянию данного бассейна в отношении развития в нем селевых процессов.

Вышеизложенное указывает на необходимость уточнения существующих баз данных селевых бассейнов с переработкой кадастровых карт по оценке селеопасности территорий горных и предгорных районов.

### Выводы

Существующие в настоящее время критерии оценки селеопасности (селепораженности) территории горных водотоков, основанные, в частности, на максимальных объемах единовременных выносов селевого материала, дают обобщенную (фоновую) оценку для всей территории водосборного бассейна и не позволяют отделить практически безопасные территории от действительно селеопасных участков бассейна. Последние составляют, как правило, незначительную часть от всей площади бассейна и проявляются на разных участках в различной степени.

Так, например, для селевого бассейна реку Герхожан-су площадь действительно селеопасных территорий составила около 17,6 % от ее водосборной площади, в то время как по

существующим кадастровым картам вся территория (100 %) бассейна является очень селеопасной.

Авторами разработана методика дифференцированной оценки территории селевых бассейнов горных и предгорных водотоков с ранжированием их на следующие уровни селеопасности:  $У_1$  – очень высокий;  $У_2$  – высокий;  $У_3$  – средний и практически неселеопасный;  $У_0$  – нулевой. Это позволяет выделить в кадастровых картах действительно селеопасные и практически безопасные территории.

Разграничены понятия водосборного и селевого бассейнов водотоков, что является важным фактором в оценке селеопасности территории и способствует дальнейшему развитию направления селеведения.

1. Флейшман С. М. О количественной оценке селеопасности // Вестник Московского университета. – 1972. – № 4. – С. 26–31.

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

3. Кадастр лавинно-селевой опасности Северного Кавказа; под ред. М. Ч. Залиханова. – СПб: Гидрометеоздат, 2001. – 112 с.

4. Методическое руководство по комплексному изучению селей. ВСЕГИН-ГЕО. – М.: Недра, 1971. – 164 с.

5. Ефремов Ю. В., Ильичев Ю. Г., Николайчук А. В. Динамика современного оледенения и селевых процессов на северных склонах горы Эльбрус в истоках Малки: Труды Всероссийской конференции по селям (26–28 октября 2005 года). – М.: Росгидромет (ВГИ), 2008. – С. 210–220.

6. Селевые явления северного полушария / Р. В. Хонин [и др.]: Селевые потоки: сборник науч. трудов КазРегНИИ. – М.: Гидрометеоздат, 1982. – С. 97–126.

7. Стрешнева Н. П., Разумов В. В., Перекрест В. В. Закономерности распространения селей на Северном Кавказе: Труды Всероссийской конференции по селям (8–12 октября 2002 года). – Нальчик: Росгидромет (ВГИ), 2003. – С. 51–59.

8. Черноморец С. С. Селевые очаги до

и после катастроф. – М.: Научный мир, 2005. – 184 с.

9. Лурье П. М. Состояние и перспективы изучения селевой деятельности на Северном Кавказе: Труды Всероссийской конференции по селям (26–28 октября 2005 года). – М.: Росгидромет (ВГИ), 2008. – С. 130–137.

10. Херхеулидзе Г. И. Селевая опасность и вопросы мониторинга селевых явлений: Труды Всероссийской конференции по селям (26–28 октября 2005 года). – М.: Росгидромет (ВГИ), 2008. – С. 24–30.

11. Анахаев К. Н., Антоненко О. Л. Дифференциация селеопасности территорий селевых бассейнов горных водотоков: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Труды Второй конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С. М. Флейшмана. – М.: Из-во МГУ, 2012. – С. 11–12.

12. Методика мониторинга селевого бассейна в условиях горной криолитозоны (на примере реки Герхожан-су, Кавказ) Д. А. Петраков [и др.] // Криосфера Земли. – 2010. – Т. VIII. – № 3. – С. 57–67.

13. Запорожченко Э. В. Сели бассейна реки Герхожан-су: история проявления, условия формирования, энергетические характеристики: Сборник науч. трудов ОАО СКГВХ. – Пятигорск: ОАО СКГВХ, 2002. – Вып. 15. – С. 80–148.

Материал поступил в редакцию 17.10.13.  
*Анахаев Кошкинбай Назирович, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по селевой проблематике*

Тел. 8 (8662) 40-10-34

E-mail: anahal3@mail.ru.

*Антоненко Ольга Леонидовна, научный сотрудник лаборатории «Гидрология горных территорий» отдела экологических исследований*

Тел. 8 (8662) 40-21-01

E-mail: ol-antonen@yandex.ru