

## Эффективные конструктивные и технологические решения по борьбе с селевыми потоками на горных транзитных участках рек

*С.О. Курбанов, А.А. Созаев*

*Кабардино-Балкарский государственный  
аграрный университет им. В.М. Кокова, Нальчик*

**Аннотация:** В работе описаны селеопасные зоны Северного Кавказа и Кабардино-Балкарии. Более подробно отмечены селевые проблемы р. Герхожансу – самой селеопасной реки в регионах СК. Приведены результаты схода мощных селевых потоков по р. Герхожансу в 2000 - 2017гг, которые имели катастрофические последствия для г. Тырнауза. Сделано обоснование результатов многолетних исследований авторов, проведенных по селеопасным рекам Кабардино-Балкарской Республики. На основе полевых натурных исследований в бассейне р. Герхожансу выявлен саморегулирующий природный механизм, который формирует естественным образом при сходе селевого потока наивыгоднейший профиль транзитного участка русла, который обеспечивает пропуск максимально возможного расхода сели при минимальных затратах энергии. По результатам аналитических исследований установлены причины разрушения и надежность работ существующих конструкций селезащитных и селепроводящих сооружений. Разработаны и предложены более эффективные конструктивные и технологические решения по проектированию селезащитных и селепроводящих сооружений комбинированных конструкций, защищенные патентами на изобретения и полезные модели. В заключении отмечены основные результаты проведенных в работе исследований.

**Ключевые слова:** гидротехническое сооружение; селеопасные зоны; селевые потоки; транзитный участок; конус-выноса; селезащитная плотина; селепроводящий лоток; транспортирующая способность; селезащитные сооружения; эффективные конструкции.

В регионах Северного Кавказа самой селеопасной зоной является территория городского поселения Тырнауз Эльбрусского района КБР. Город Тырнауз находится в рекреационной зоне КБР. Через весь город протекает р. Баксан и здесь расположены устья (конусы-выносов) самых селеопасных ее притоков – рек Герхожансу и Камыксу.

Река Герхожансу является правобережным притоком и самой селеопасной рекой не только в Кабардино-Балкарии, но и на Юге России [1; 9; 11]. Сход мощных селевых потоков, которые наблюдаются часто по р. Герхожансу, создают большие проблемы для г. Тырнауза и пос. Герхожан. И в прошлом 2017 году, сошедшие несколько селевых потоков, затопили и

---

завалили наносами участок конуса-выноса ниже автодорожного моста почти до верха береговых ограждающих стен. В результате в устьевой части образовался затор, который охватил большую часть русла р. Баксан. Возникла необходимость в больших материальных затратах, требуемых для расчистки русла и всей территории конуса-выноса. И в дальнейшем требуются новые более эффективные технические решения по безопасному пропуску селевых потоков р. Герхожансу по ее транзитному участку.

Река Камыксу является левобережным притоком р. Баксан и второй селеопасной рекой для этой зоны. Эта река, хотя не создает таких серьезных проблем как р. Герхожансу, но сход наблюдаемых селевых потоков приводит к затоплению части территории города и образованию относительно небольшого затора на р. Баксан. Здесь также требуются более эффективные технические решения по безопасному пропуску селевых потоков, образующихся на верховых участках р. Камыксу. На Северном Кавказе имеются еще несколько таких горных рек, где требуются эффективные инженерные решения по безопасному пропуску селевых потоков [9-11].

Цель работы заключалась в разработке эффективных конструктивных и технологических решений по предотвращению селевой угрозы горных рек прибрежным урбанизированным зонам и повышение надежности работы селезащитных и селепроводящих сооружений (на примере условий р. Герхожансу). Для этого были решены ряд задач:

- проведены обследования транзитного и концевых участков р. Герхожансу и состояния защитно-регуляционных сооружений;
  - исследованы причины разрушения старой селезащитной плотины сборной решетчатой конструкции из ж.б. элементов, а также надежность и пропускная способность селепроводящего лотка;
  - разработаны эффективные конструктивные и технологические решения по проектированию селезащитных и селепроводящих сооружений
-

комбинированных конструкций, защищенные патентами на изобретения и полезные модели.

Авторы с 1999г изучают и проводят исследования на транзитном (селеопасном) участке р. Герхожансу. Протяженность селеопасного участка р. Герхожансу для г. Тырнауза составляет около 2км. На этом участке существующий селепроводящий железобетонный лоток в основном был разрушен и деформирован после прохождения мощных потоков сели в 2000г. Дно лотка местами размыто и углубилось до 10 и более метров. Проведенные нами подробные гидрологические исследования на рассматриваемом участке показали, что максимальный расход селевого потока, который прошел летом 2000 года, достигал  $1000\text{м}^3/\text{с}$  и более. Пропуск такого расхода не мог быть обеспечен старым лоток, который был рассчитан на максимальный расход  $500\text{м}^3/\text{с}$ . Кроме того, существующая сквозная селезащитная плотина, располагавшаяся в начале лотка, была прорвана еще в 1999г. после прохождения небольшого селевого потока (расходом менее  $100\text{м}^3/\text{с}$ ). Плотина из сборных железобетонных элементов высотой до 40м должна была обеспечивать задержание наиболее крупных фракций твердой части селевой массы, однако несущие конструкции плотины не выдержали нагрузки относительно небольшого селевого потока. В том же году большая часть лотка была завалена селевыми отложениями. Сошедшие в 2000 году мощные селевые потоки полностью разрушили центральную часть плотины. В концевой части лотка сели вышла за пределы его бортов и прошла по прибрежным застроенным зонам г. Тырнауза, разрушая и затапливая дома и хозяйственные постройки. По проектным требованиям селезащитная плотина должна была задержать более 50% твердой части селевой массы, тем самым в разы уменьшить гидродинамические нагрузки на селепроводящий лоток. Однако, результаты проведенных авторами исследований показали, что несущая способность и прочность конструкции плотины из ж.б. элементов на

---

порядок (более 10 раз) ниже фактических нагрузок (гидродинамических сил) прошедших в 2000г селевых потоков. При проектировании селезащитной плотины были допущены грубые ошибки, приведшие к катастрофическим последствиям.

Уклон русла р. Герхожан от створа разрушенной плотины до автодорожного моста составляет  $i=0,085...0,075$ , ниже автодорожного моста и до р. Баксан –  $i=0,065$ .

Проведенные исследования и анализ пропускной способности селеносного русла р. Герхожансу показывают, что для обеспечения пропуска селевых потоков (различных параметров) без отложения их твердой селевой массы необходимый уклон русла должен быть не менее 0,1. И при этом уклоне русла полностью исключить возможности отложения селевой массы нельзя, т.к. при малых расходах селевых потоков, твердая часть сели будет откладываться, особенно в местах поворотов русла с выпуклой стороны. При этом обеспечение условий для полного и эффективного выноса всей селевой массы на конус выноса в русле р. Баксан приводит к перекрытию русла реки и затоплению части территории города. После каждого схода селей русло и особенно конус выноса необходимо расчищать. В связи с этим становится ясным, что без решения проблемы задержания наиболее крупных фракций селевой массы на верховом участке (в районе разрушенной плотины) невозможно обеспечить безопасный пропуск мощных селевых потоков и надежную защиту прибрежных урбанизированных зон. В пользу этого говорит и факт огромного, углубленного после сели 2000 года свободного объема русла.

Авторы активно участвовали в ликвидации чрезвычайной (катастрофической) ситуации, сложившейся в г. Тырнаузе после схода мощных селевых потоков в 2000г. Еще тогда нами были предложены новые (более эффективные) технические решения по реконструкции и

---

строительству селезащитных и селепроводящих сооружений. Предложения сводились к необходимости строительства каскада селезащитных запруд на р. Герхожансу в районе старой разрушенной плотины и выше. Запруды предназначались для задержания твердой части (крупных фракций, более 50 мм наносов) на верховом участке, а жидкая часть потока без задержания свободно проходила бы далее до р. Баксан. В этом случае лоток и концевая часть (конус-выноса) работали бы свободно без крупных наносов, все мелкие наносы свободно транспортировались бы до р. Баксан. Однако наши предложения не были в большей части приняты. По нашему проекту был построен, только небольшой участок концевой части лотка (в районе конуса-выноса, рис. 1.).



Рис. 1. – Концевой участок селепроводящего лотка (конуса-выноса), построенный авторами по своему проекту в 2001-2002 г.г. в г. Тырнаузе (Патент № 2202678).

Наибольшие изменения в русловых процессах р. Герхожансу произошли после катастрофических селей 2000 г. Нами подробно изучены продольные и поперечные профили р. Герхожансу, снятые ОАО «Севкавгипроводхоз» в 2000 – 2001 г.г. Анализ поперечных профилей построенных в одном масштабе показал, что сечения русла, сложенные равноразмываемыми грунтами имеют форму близкую полигональному. При этом важно отметить, что поперечные сечения по р. Каяартысу [1; 10] и Герхожансу [2; 3] имеют четко выраженную полигональную форму, близкую к гидравлически наивыгоднейшему сечению (ГНС), полученную теоретически автором (Курбановым С.О.) [1; 3]. Наиболее характерный из этих поперечников приведен на рис. 2.

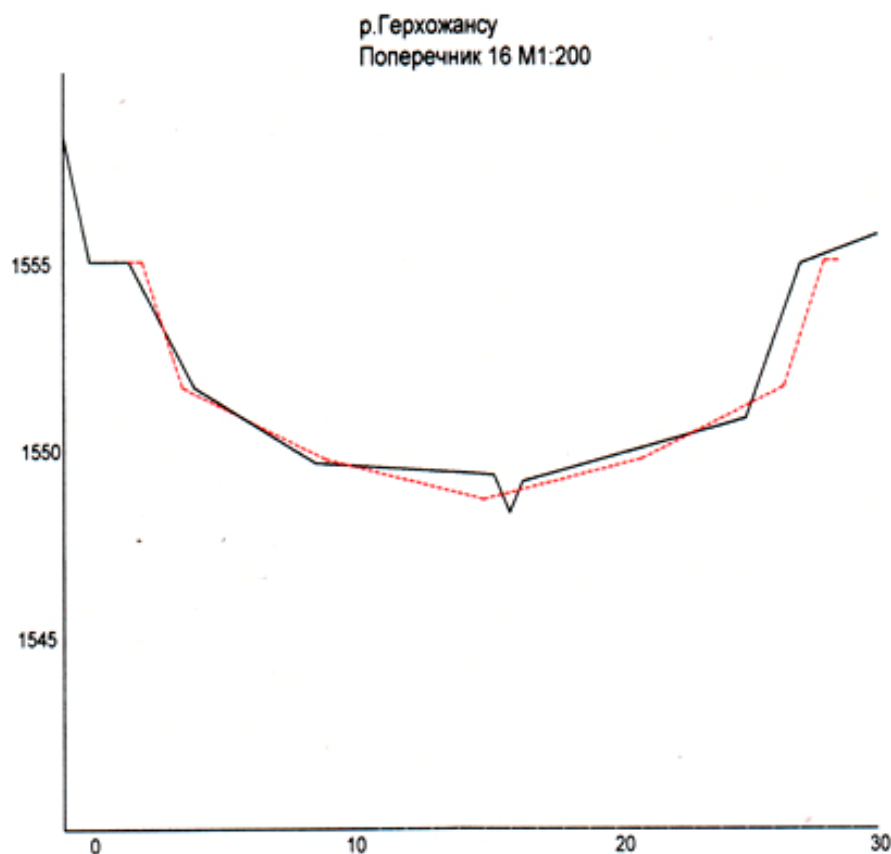


Рис. 2. – Поперечный профиль участка р. Герхожансу (в районе разрушенной плотины), снятый в 2000 г ОАО «Севкавгипроводхоз»

На рисунке отрезки по сечению дна и откосов естественного русла показаны сплошной линией, а штрихпунктирной – линии ГНС, построенные по методике автора. По нему наглядно видно, что теоретически построенные (красные штрихи) линии ГНС располагаются относительно близко к линиям сечения естественного русла. Исследованные поперечники подтвердили, что на транзитно-денудационном участке селепроводящего русла р. Герхожансу происходит формирования его гидравлически наивыгоднейшего сечения естественным образом.

Участок р. Герхожансу от устья р. Сакашилису до начала селепроводящего лотка можно отнести к транзитно-денудационному участку. Так как при сходе селевых потоков в пределах данного участка интенсивно развиваются русловые процессы, которые способствуют завершению формирования селевых потоков и эффективному их транзиту.

*При этом проявляется саморегулирующий природный механизм, который обеспечивает наивыгоднейший вариант формирования русла и пропуска селевого потока, без разрушения его структуры и при минимальных затратах энергии.*

В настоящее время после схода селевых потоков по р. Герхожансу 14 и 15 августа 2017 года в районе г. Тырнауза и пос. Герхожан сложилась опасная ситуация (близкая к чрезвычайной). Селепроводящий лоток, особенно участок, ниже автодорожного моста полностью завален селевыми отложениями, толщиной до 5м и более.

Объем селевых отложений (накопившийся за 10-15 лет) на участке конуса-выноса достигает 400 тыс. м<sup>3</sup> и более. Пропускная способность мостовых отверстий уменьшилась до 40%, так как на конусе-выносе образовался большой подпор.

В случае схода аналогичных селей потоки могут переливаться через мост и бортовые стенки лотка и затопить прибрежные городские территории.

---

Создается угроза возникновения чрезвычайной ситуации. В связи с этим на участке конуса-выноса от автодорожного моста до р. Баксан возникла необходимость расчистки русла р. Герхожансу. Данная трудоемкая и дорогостоящая работа может занять около 1,5-2 года при полном финансировании. Даже при этом угроза полностью не снимается, так как ситуация может повториться. На верховом участке реки (в районе истока), где формируются селевые потоки, имеются огромные запасы (до миллиарда м<sup>3</sup>, рис. 3) обнаженных (рыхлых) селеобразующих пород, которые легко попадают в ливневые и талые стоки реки. Практика показывает, что каждые 5-10 лет по р. Герхожансу сходит ряд мощных селевых потоков. Все это обосновывает необходимость задерживать на верховом участке твердую часть селевых потоков с крупными фракциями наносов.



Рис. 3. – Участок входа селевого потока в верхний моренный канон с огромными запасами рыхлых селеобразующих грунтов

За последние 15-20 лет авторами разработан ряд новых конструктивных и технологических решений по проектированию и строительству эффективных конструкций селезащитных и селепроводящих

---



сооружений [4-7]. Некоторые из них, защищенные патентами на изобретения и полезные модели, приведены ниже.

На рис. 4. приведены схемы конструктивных элементов селепроводящего лотка [4]. По данному патенту был запроектирован и построен концевой участок селепроводящего лотка р. Герхожансу в 2001г. (рис. 1), который по настоящее время работает надежно.

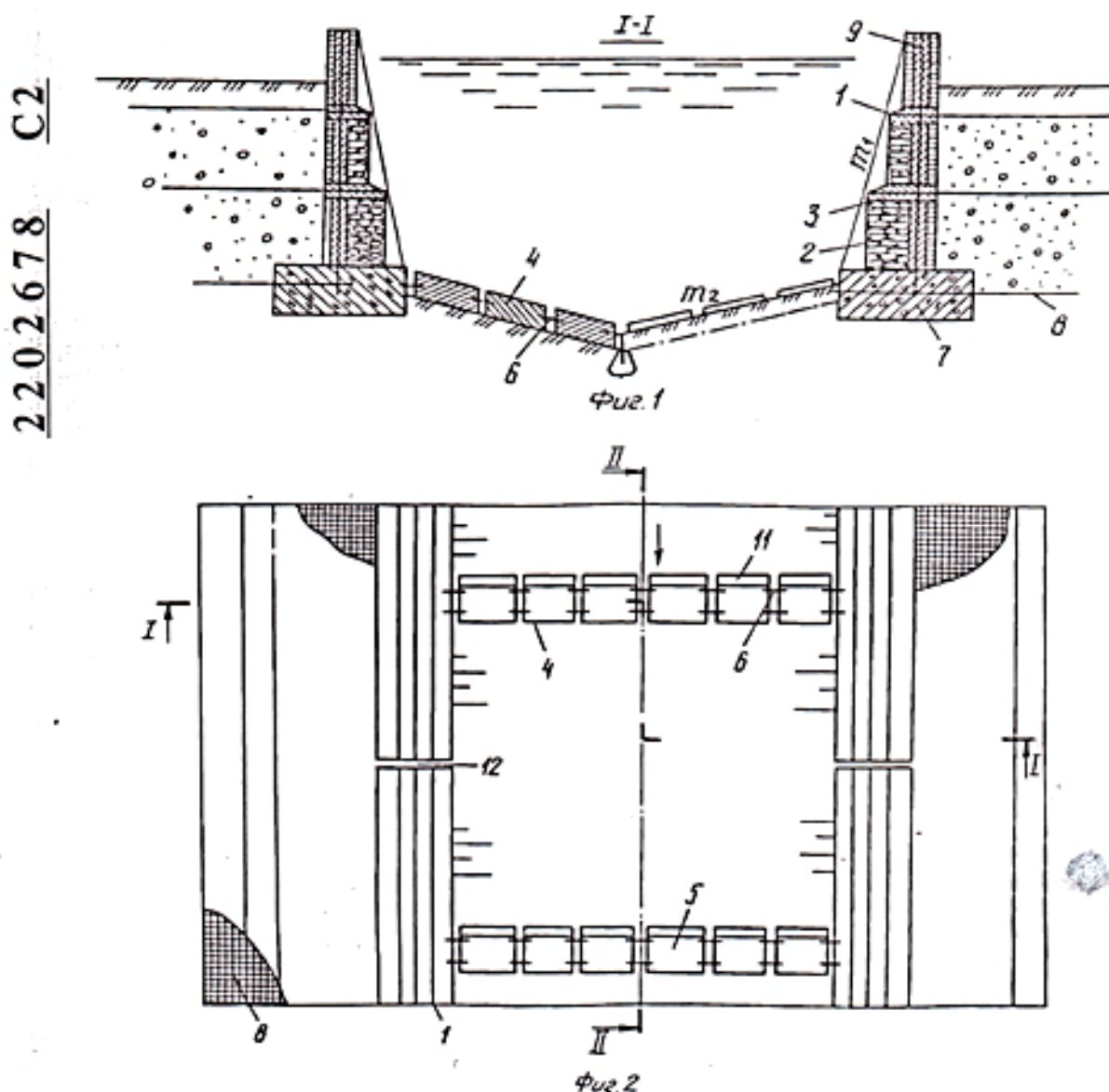


Рис. 4. – Селепроводящий лоток.

1 – подпорные стены, 2 – бутовая кладка, 3 – железобетонные вставки, 4 – гибкие ростверки из блоков, 5 и 6 – шарнирные узлы, 7 – фундаментные плиты, 8 – сетчатые анкера, 9 – арматурные решетки, 10 – железобетонные анкера.

На рис. 5 приведена конструктивная схема запруды [6]. На фиг. 1 показано сечение запруды по линии железобетонных туюфяков (вид со стороны ВВ); на фиг. 2 – план запруды.

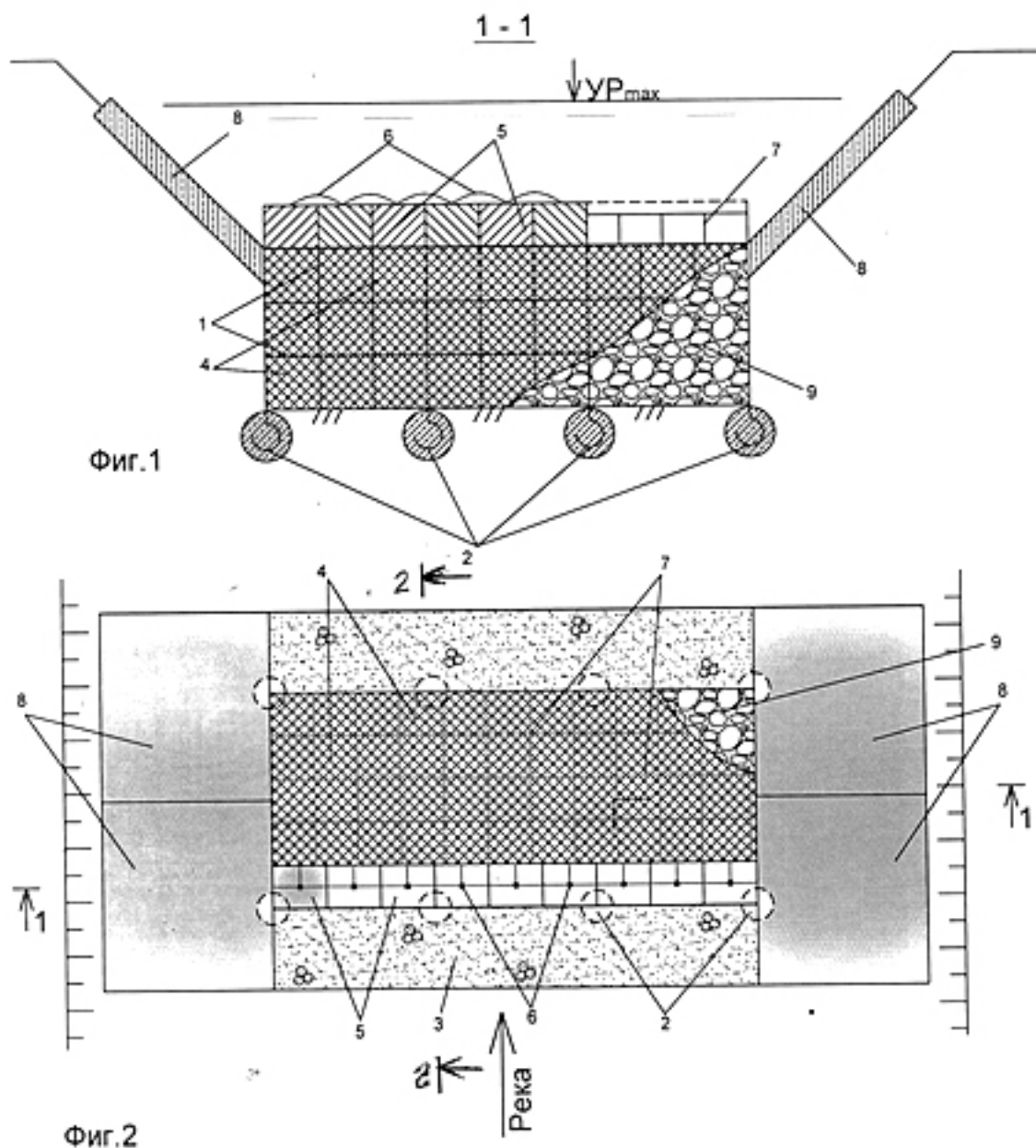


Рис. 5. – Селезащитная запруда комбинированной конструкции

Селезащитная запруда состоит из арматурного решетчатого каркаса 1, призматической формы, прикрепленного к анкерам 2, устроенным в основании русла 3; габионов 4, смонтированных внутри каркаса 1. Сверху

гребня запруды спереди (со стороны ВБ) дополнительно уложены в один плотный ряд железобетонные (ж.б.) тюфяки 5, шарнирно соединенные между собой и прикрепленные с помощью тросов 6 к анкерам 2 и к каркасу 1. На остальной свободной площади гребня устроен дополнительный арматурный каркас 7, решетчатой трапецидальной формы, прикрепленной к каркасу 1 и ж.б. тюфякам 5.

Вдоль прибрежных откосов запруды устроены монолитные железобетонные крепления 8. В качестве заполнителя 9 габионов 4 используется сортированный галечник и гравий.

Запруды комбинированной конструкции эффективны в селеопасных руслах рек на их предгорных и горных участках, где наблюдаются сходы мощных грязокаменных селевых потоков с большими расходами и скоростями более 5 м/с.

Для участка реки Герхожансу в районе старой разрушенной плотины (выше и ниже) протяженностью до 800м авторами подготовлен проект каскада запруд для задержания и аккумуляции твердой части селевых потоков. На этом участке между запрудами объем прорана для аккумуляции наносов достигает более одного миллиона м<sup>3</sup>. Учитывая интенсивность схода селевых потоков за последние годы можно говорить, что имеющийся объем прорана между запрудами на этом участке достаточен для накопления твердой части селевой массы на период до 25 лет. А если считать, что будет задерживаться, только около 70% селевой массы, а остальная часть будет транспортироваться потоком до р. Баксан, тогда период накопления твердой части селевой массы увеличивается до 30 лет и более. После заполнения прорана в районе старой разрушенной плотины, сходящие селевые потоки будут разливаться по широкой пойме (шириной до 100м и более), при этом терять энергию и транспортирующую способность, т.е. будет происходить сброс большей части твердой селевой массы (наиболее крупных фракций) на

---

эту пойму. Вместе с тем (самое главное) образование нового прорана для сосредоточенного движения мощных селевых потоков исключается наличием каскада запруд по линии прохождения динамической оси селевых потоков.

Таким образом, каскад запруд комбинированных конструкций на верховом участке реки, может эффективно решить проблему селевой угрозы р. Герхожансу для г. Тырнауза на долгие годы. При этом реальный экономический эффект от внедрения предлагаемого проекта по сравнению со стоимостью старой разрушенной плотины составляет более 50 млн.рублей в нынешних ценах. А если учесть срок службы предлагаемых сооружений, то возможный экономический эффект возрастает в несколько раз.

### **Заключение**

Изучены и исследованы основные селевые проблемы регионов Северного Кавказа на примере условий самой селеопасной реки Герхожансу.

На основе полевых натурных исследований в бассейне р. Герхожансу выявлен саморегулирующий природный механизм, который формирует естественным образом при сходе селевого потока наивыгоднейший профиль транзитного участка русла, который обеспечивает пропуск максимально возможного расхода сели при минимальных затратах энергии. И этот профиль очень близко описывает гидравлически наивыгоднейшее полигональное сечение, полученное теоретически автором.

Исследованы причины разрушения и надежность работ существующих конструкций селезащитных и селепроводящих сооружений.

Разработаны эффективные конструктивные и технологические решения по проектированию селезащитных и селепроводящих сооружений комбинированных конструкций, защищенные патентами на изобретения и полезные модели.

## Литература

1. Курбанов С.О., Созаев А.А. Основы проектирования и расчетного обоснования транзитных лотков полигонального профиля // Вести ВолгГАСУ, Сер.: Строительство и архитектура. 2010. Вып. 19(38). С. 136-142.
  2. Курбанов С.О., Ханов Н.В. Основы оптимизации полигональных сечений гидротехнических каналов // Гидротехническое строительство. 2008. №12. С. 38-42.
  3. Курбанов С.О., Хостов А.Ю. Исследование гидрологических и гидравлических условий селеформирования р. Герхожансу // Всероссийская конференция по селям. М., 2007. С. 186-190.
  4. Курбанов С.О., Ламердонов З.Г., Созаев А.А. Патент № 2202678. Селепроводящий лоток. Российская Федерация, МПК E 02 B 8/06; заявитель и патентообладатель Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия. №2001103833/13; заявл. 12.02.01; опубл. 20.04.03, Бюл. №11, 5с.: ил.
  5. Курбанов С.О., Созаев А.А., Жемгуразов С.М. Патент на полезную модель №165292. Селепроводящий канал комбинированной конструкции. Российская Федерация МПК E 02 D 17/18, 5/02; заявитель и патентообладатель Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 28, 4с: ил.
  6. Курбанов С.О., Созаев А.А., Жемгуразов С.М. Патент на полезную модель № 157458. Селезащитная запруда комбинированной конструкции. Опубл. 10.12.2015г. Бюл. № 34. 4с: ил.
  7. Курбанов С.О., Кушаева Е.А., Хасанов М.М. Новые конструктивные и технологические решения по борьбе с эрозией и восстановлению оврагов в рекреационных зонах // Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4462.
-



8. Жолобов А.Л., Жолобова О.А., Шенцова К.В., Пономаренко А.В., Гераськина В.Е. Новая эффективная технология устройства монолитных подпорных стен набережных // Инженерный вестник Дона, 2017, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4176.

9. Сейнова И.Б., Золотарев Е.А. Ледники и сели Приэльбрусья. М.: Научный мир, 2001. 203с.

10. Zaporozhenco E.V. Debris – flow hazards in the Baksan river basin, Tyrnyauz, Russia . Debris – Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment. Volume 2. Millpres. Rotterdam, Netherlands, 2003. pp. 1059-1070.

11. Seinova I.B. The necessity of an ecological foundation for mudflow defence measures in the highlands of the central Caucasus. Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, Assessment. 1th International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation. San Francisco, 1997. pp. 646-655.

### References

1. Kurbanov S.O., Sozaev A.A. Vesti VolgGASU, Ser.: Stroitel'stvo i arhitektura. 2010. Vyp. 19(38).pp. 136-142.

2. Kurbanov S.O., Hanov N.V. Gidrotehničeskoe stroitel'stvo. 2008. №12. pp. 38-42.

3. Kurbanov S.O., Hostov A.Û. Vserossijskaâ konferenciâ po selâm [All-Russian conference on villages]. M., 2007. pp. 186-190.

4. Kurbanov S.O., Lamerdonov Z.G., Sozaev A.A. Patent № 2202678. Seleprovodâšij lotok [Conductive tray]. Rossijskaâ Federaciâ, MPK E 02 V 8/06; №2001103833/13; zaâvl.12.02.01; opubl.20.04.03, Bûl. №11, 5p.:il.

5. Kurbanov S.O., Sozaev A.A., Žemgurazov S.M. Patent napoleznuû model' №165292. Seleprovodâšij kanal kombinirovannoj konstrukcii [Saleprovides channel combination design]. Rossijskaâ Federaciâ MPK E 02 D 17/18, 5/02; opubl.10.10.2016, Bûl. № 28, 4p: il.



6. Kurbanov S.O., Sozaev A.A., Žemgurazov S.M. Patent napoleznuû model' № 157458. Selezašitnaâ zapruda kombinirovannoj konstrukcii [Antimud slide protection dam of combined design]. Opubl. 10.12.2015g. Bûl. № 34. 4p: il.

7. Kurbanov S.O., Kušaeva E.A., Hasanov M.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4462](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4462).

8. Žolobov A.L., Žolobova O.A., Šencova K.V., Ponomarenko A.V., Geras'kina V.E. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4176](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4176).

9. Sejnova I.B., Zolotarev E.A. Ledniki i seli Prièl'brus'â [Glaciers and mudflows of the Elbrus region]. M.: Naučnyj mir, 2001. 203 p.

10. Zaporozhenco E.V. Debris – flow hazards in the Baksan river basin, Tyrnyauz, Russia. Debris – Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment. Volume 2. Millpres. Rotterdam, Netherlands, 2003. pp. 1059-1070.

11. Seinova I.B. The necessity of an ecological foundation for mudflow defence measures in the highlands of the central Caucasus. Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, Assessment. 1th International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation. San Francisco, 1997. pp. 646-655.