

УДК 627.52

## **ПРОТИВОСЕЛЕВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В БАСЕЙНАХ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ**

**А.И. ТИТОРЕНКО**

(Новочеркасская государственная мелиоративная академия)

*Рассматривается состояние противоселевой защиты и эффективность применения противоселевых мероприятий на примере горных районов Черноморского побережья России. Затрагиваются вопросы повышения активности селевых бассейнов, вызванные бурным строительством спортивных Олимпийских объектов и инфраструктурой на Черноморском побережье.*

**Ключевые слова:** сель, эрозия, Олимпийские объекты, мелиоративные мероприятия.

**Введение.** Сель – стремительный поток большой разрушительной силы, состоящий из смеси воды и рыхлообломочных пород, внезапно возникающих в бассейнах горных рек в результате интенсивных дождей, бурного снеготаяния, а также прорыва завалов и морен. Характеризуется внезапностью возникновения, кратковременностью действия, большой разрушительной силой и способностью останавливаться в пределах конуса выноса. Селевые потоки в силу своего многокомпонентного состава (крупные камни, глинисто-коллоидные частицы, мелкозернистая фракция и водная составляющая) подразделяются на два основных вида: структурные (связные) и турбулентные (несвязные), отличающиеся друг от друга как по качественным, так и по количественным признакам [1–3].

Формированию селевых потоков способствуют: сильная расчлененность рельефа водосбора, расположение верховьев водотоков выше верхней границы леса, процессы активного выветривания, наличие продуктов разрушения горных пород в эрозионных врезках, различные виды гравитационных процессов, сейсмические сдвиги, вулканические извержения при сопровождении сильных дождей и интенсивного снеготаяния. Прохождение селевого потока обычно сопровождается резким понижением русловых отметок в верховьях (так как русловые отложения с этих участков уносятся селевыми потоками вниз по течению) и значительным их понижением в районе конуса выноса.

По приближенным данным, среднегодовой объем грунта, сносимого с 1 км<sup>2</sup> отдельных горных селеносных районов, составляет около 400 м<sup>3</sup>, а в отдельных случаях разовый выброс твердого селевого стока со всего бассейна достигает 1 млн. м<sup>3</sup> и более. Селеносный водоток обычно является притоком второго и высшего порядка и характеризуется небольшой длиной и значительными уклонами, а также ярко выраженными верхним участком (уклоны  $i = 0,4-0,2$ ) и транзитной зоной ( $i = 0,2-0,1$ ) с крутыми боковыми откосами, а также конусом выноса ( $i = 0,1-0,01$ ) [2].

Исследование состояния противоселевой защиты горных районов позволяет сделать вывод о высокой эффективности применения комплексных противоселевых мероприятий. Борьба с селями сопряжена с большими трудностями, зависит от структуры селя, условий его формирования и движения. Применение противоселевых мероприятий различного рода является фундаментальной основой в борьбе по улучшению водного режима рек, борьбе с эрозией почв и за повышение плодородия горных территорий.

**Активизация эрозионных процессов.** Селевые потоки формируются во всех горных и некоторых холмистых районах и сопровождаются интенсивными эрозионными процессами. В России площадь эрозионно-опасных и подверженных эрозии сельскохозяйственных угодий составляет

124 млн. га, в том числе пашни 84,3 млн. га [4]. В целом по России на склоновых землях смывается около 30 % вносимых удобрений, а в Центрально-черноземных областях и Татарстане – до 50 %. Вследствие эрозионных процессов содержание гумуса в почве за последние 20–25 лет снизилось на 25–30 %. Потери почвы составляют в среднем до 30–50 т/га, вынос гумуса 0,5–0,6 т/га и 0,2–0,3 т/га азота, фосфора и калия, что в 15–20 раз больше того количества удобрений, которое вносится на поля в настоящее время.

Чем сильнее эродирован бассейн и чем больше в нем выходов материнских пород, тем большее значение приобретают мелиоративно-технические мероприятия, проводимые как на склонах, так и в руслах. На склонах осуществляется террасирование, строительство водосбросных сооружений и нагорных канав, закрепление рыхлых и неустойчивых участков. В результате прекращаются поверхностный сток и эрозия почв, а в некоторых случаях обеспечивается безопасный сброс поверхностного стока.

В настоящее время в связи с предстоящими в 2014 г. Олимпийскими играми происходит активное освоение и застройка горных территорий. Строительство туристских Олимпийских объектов ведется на территории Краснополянского лесничества Сочинского национального парка. Земли общей площадью более 800 га были изъяты и переданы строительным подрядчикам [5]. На данных площадях происходит вырубка леса, раскорчевка вырубков и полная минерализация различных трасс с уничтожением гумусового и предохранительного горизонтов бурых лесных почв при одновременном нарушении других компонентов окружающей среды в лесах, примыкающих к строящимся объектам.

Перечисленные выше факты способствуют активизации эрозионных процессов в почвах не только на строящихся лыжных трассах (лишенных защитного надпочвенного покрова), но и на примыкающих к ним участках лесов с техногенно-нарушенной средой [5]. Данные процессы ранее не изучались, поэтому соответствующие противозерозионные мероприятия трудно обосновывать.

**Мелиоративные противоселевые мероприятия.** Мелиоративные мероприятия направлены в основном на регулирование стока путем улучшения или восстановления нарушенных ландшафтов на горных склонах, таких как: облесение и окустаривание, террасирование склонов с использованием террас для земледелия или различного вида лесопосадок, соблюдение противозерозионной агротехники и улучшения пастбищ. Эти мероприятия можно разделить на лесомелиоративные и мелиоративно-технические. Лесомелиоративные мероприятия заключаются в облесении склонов и лесоразведении в руслах и на конусах выноса рек, а мелиоративно-технические мероприятия направлены на предотвращение бокового и донного размыва русел, прекращение поверхностного стока и эрозии почв. Описанные меры должны содействовать осаждению твердого стока, использованию осветленных вод, безопасному сбросу селевых потоков.

Облесение горных склонов является одним из старейших противоселевых мероприятий, ведь само развитие селевых явлений в различных странах земного шара было вызвано уничтожением лесов на горных склонах. Следует отметить, что лесонасаждение на горных склонах сопряжено с большими трудностями, заключающимися в том, что в засушливых районах и на склонах с бедными почвами вырастить кустарниковые и лесные культуры очень сложно. Большая крутизна склонов затрудняет применение техники при проведении лесомелиоративных работ и зачастую требует специальных технологических приспособлений и конструктивных решений, поэтому лесонасаждение в горных районах является весьма трудоемким, длительным и затратным мероприятием.

В XX веке в течение многих десятилетий почти все попытки вырастить лес в восточной части Крыма терпели неудачу, впоследствии выяснилось, что гибель посадок происходила из-за неправильной агротехники и отсутствия надлежащей подготовки почвы под лесопосадки. Исследования, проводимые Крымской горно-лесной опытной станцией [6] показали, что для данных

условий нормальный рост растений может быть обеспечен при хорошей обработке площадки шириной не менее 3 м. Чем больше размеры обработанной площадки, тем благоприятнее режим влажности для роста и развития растений. Этой станцией были разработаны механизированные способы подготовки почвы под лесные насаждения, нормы влажности и конструктивные методы лесомелиорации для условий засушливых районов Крыма. Для склонов крутизной до 8° рекомендуется сплошная обработка, для склонов крутизной 8–13° – полосная и для склонов крутизной 13–30° – террасная. Минимальная ширина террас должна быть не менее 3 м, расстояние между ними зависит от крутизны склона и состояния его поверхности.

Наиболее распространенным мелиоративно-техническим мероприятием является устройство склоноукрепляющих террас (рис. 1). Террасы (террасы-каналы, нагорные каналы) применяются для уменьшения максимального расхода дождевых паводков путем перехвата склонового стока и перевода его в грунтовый либо медленного отвода в сбросные каналы или русла. Пропускная способность этих сооружений должна обеспечивать отвод паводка с вероятностью превышения 2 %. Террасы обычно устраивают с одновременным созданием на них лесных полос, также возможно устройство наносозадерживающих валов в очертании со стокоотводящими канавами-траншеями. Таким образом достигается комплексное сочетание агролесохозяйственных и мелиоративно-технических противоселевых мероприятий. Террасирование крутых склонов и их освоение садами и виноградниками является актуальной проблемой, её решение даст миллионы гектар дополнительных площадей, на которых будет исключена эрозия и возможно получение высоких и устойчивых урожаев. Террасирование с давних пор распространено в странах с горным рельефом (Япония, Индия, Шри-Ланка, страны Южной Африки, Турция, Греция, Италия и др.).



Рис. 1. Склоноукрепляющая терраса

Противоселевые террасы широко распространены на территории Северного Кавказа, в том числе на Черноморском побережье. В XX веке был разработан и осуществлен комплекс противоселевой защиты автодороги на участке от Новороссийска до Кабардинки. Этот комплекс представляет собой каскады склоноукрепительных террас с расположенными на них лесными на-

саждениями. Проведенные мероприятия позволили существенно снизить селевую активность и обезопасить транспортную инфраструктуру на данном участке.

Расчет водопоглощающей способности террас и межтеррасовых расстояний производится по суточным максимумам осадков заданной повторяемости в зависимости от селеопасности бассейна и степени надежности противоселевых мероприятий. Что касается стокозадерживающих и ливнеотводящих канав, то расчет их емкости, уклонов и расстояний между ними производится в соответствии с критической скоростью размыва. Определение критической скорости размыва и расчет водозадерживающей способности террас рекомендуется производить исходя из получасовой продолжительности ливня средней интенсивности. Этот способ, основанный на анализе среднеазиатских ливней, возможно рекомендовать для засушливых районов. Для районов, богатых осадками, расчет следует вести по ливню, имеющему интенсивность, близкую к максимальной [6].

Основные требования к водозадерживающим и стокоотводящим канавам заключаются в аккумуляции ими всей воды, поступающей со склонов, и исключении размыва склона и самих канав (рис. 2).

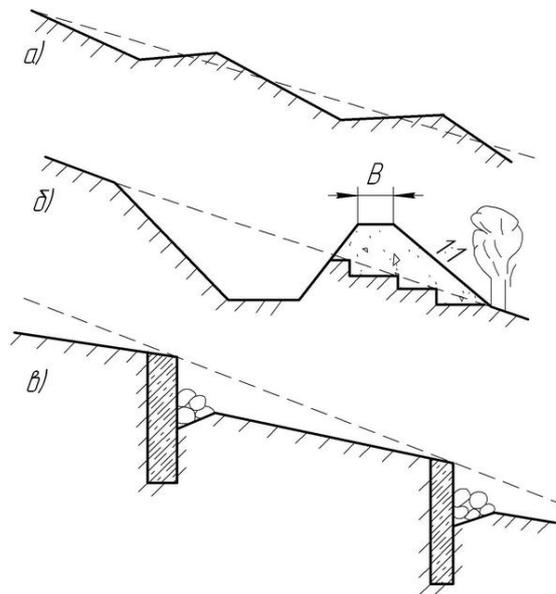


Рис. 2. Регулирующие мероприятия на склонах:  
а – ступенчатая терраса; б – то же с валами; в – то же с порогами

Если полученные в результате расчета размеры канав допускают скорости, вызывающие размыв, а уменьшить продольный уклон канав невозможно или явно нерационально, то необходимо укреплять их русла каменной, бетонной или габионной облицовкой, чтобы исключить донный и бортовой размыв. Не допускается устройство стокоотводящих канав без верховых валов необходимых размеров, задерживающих наносы, они могут быстро заполниться обломочным материалом [7].

В настоящее время активно применяются водоотводящие валы и канавы при строительстве лыжных Олимпийских трасс на территории Сочинского национального парка, что позволяет временно приостановить эрозионные процессы. Данные мероприятия используются в комплексе с соломенно-джутовыми матами, прикрепляющимися при помощи металлических нагелей, и дающими существенный стабилизирующий эффект.

Срез и террасирование склонов должны производиться на основании детального и всестороннего изучения геоподосновы почвы и с учетом задач дальнейшего использования террито-

рии. Особенно это важно для определения количества террас и крутизны откосов срезаемых пород. При срезке грунта в активной части оползня грунт следует располагать в пассивной его части, на контрфорсах, контрбанкетах. Для нарезки и обработки террас возможно активное использование бульдозеров, рыхлителей и экскаваторов различной модификации и мощности. Сложность применения современной высокопроизводительной строительной техники заключается в труднодоступности большинства горных селеопасных бассейнов. Следует отметить, что террасы помимо своей лесомелиоративной роли на крутых селеопасных склонах повышают устойчивость территории против размывов и оползней, что подтверждается множеством экспериментов.

При использовании склонов под сельскохозяйственные культуры должна быть запрещена сплошная распашка под однолетние культуры склонов круче 10–15° градусов. На несмытых почвах высокой производительности (склоны крутизной до 3°) сельскохозяйственные культуры можно выращивать способами, принятыми на равнинных территориях страны. Однако во избежание развития эрозии почв на площадях с более значительными уклонами (более 3°) необходимо применять предупредительные меры защиты почв от эрозии. На слабосмытых почвах от хорошей до средней производительности (склоны крутизной от 3 до 8°) выращивание сельскохозяйственных культур возможно только при широком применении противозерозионной системы земледелия и агротехники. Среднесмытые почвы средней производительности (склоны крутизной от 8 до 10–15°), как правило, нуждаются в более действенных противозерозионных мероприятиях [1]. Кроме террасного земледелия на них рационален только посев сельскохозяйственных культур полосами, а также создание буферных полос из многолетних растений и культур многолетников.

Наряду со склоновым лесоразведением серьезным противоселевым мероприятием является русловое лесоразведение. Оно применяется в целях окончательного закрепления русел селевых логов, предотвращения дальнейших размывов бортов русла, а также защиты от занесения селевыми выносами. В руслах селевых бассейнов рекомендуется создание как линейных, так и массивных лесных насаждений, к первым относятся илофильтры, живые запруды, палисады, облесение подножий склонов и оврагов, ко вторым – облесение водоемов, создаваемых плотинами, и облесение пойм широких водотоков.

Создание илофильтров осуществляется посадкой ив с площадью питания 0,5×0,5 м, живые запруды представлены растениями, высаженными близко друг к другу по одной линии, поперек течения. Для лесоразведения в сухих селевых руслах рекомендуются засухоустойчивые древесные породы. Палисады высаживают в руслах, где происходят небольшие сели, во избежание донного размыва. Они представляют собой посадки различных древесных пород в два-три ряда, размер междурядий 1,5–2,0 м, а сами деревья в ряду на расстоянии 0,7–1,0 м [6]. При больших расходах сплошное облесение по дну не рекомендуется, а целесообразно центральную часть русла засаживать низкими ивами, обеспечивающими задержание селевых выносов. Облесение водоемов, образованных противоселевыми плотинами и запрудами, повышает их устойчивость против размыва. Облесение подножий склона в целях предупреждения их подмыва и обрушения производится в несколько рядов выше уреза воды. Создание приовражных полос и облесение береговых склонов водотоков необходимо производить с учетом регулирования как поверхностного, так и руслового стоков, а в отдельных местах – в комплексе с берегоукрепительными сооружениями [2]. В настоящее время активные берегоукрепительные работы можно наблюдать в бассейне реки Мзымта, производящиеся посредством установки габионных берегоукрепительных конструкций (рис. 3).



Рис. 3. Укрепление берега габионными конструкциями

Самым опасным селевым бассейном Черноморского побережья России является река Мзымта. В нем отмечается более 100 селевых русел, по которым периодически проходят селевые потоки различного генезиса и типа. В настоящее время в бассейне реки Мзымта наряду с активными строительными работами происходит трудно контролируемая вырубка леса, многие работы ведутся с нарушением экологических и технических норм. В реке наблюдается постоянно высокая мутность воды, вследствие чего нарушаются рекреационные зоны отдыха местного населения и туристические маршруты. Вырубка леса приводит к активному изменению селевых бассейнов, защитные противоселевые мероприятия не проводятся, их разработкой планируется заняться после окончания строительства спортивных туристских объектов.

Русловое лесоразведение является завершающим этапом всех лесомелиоративных работ, проводимых на склонах селевого бассейна.

Лесомелиоративными и лесовосстановительными мероприятиями должны быть охвачены не только склоны и русла селевых бассейнов, но и конусы их выноса. К работам по линейному лесоразведению можно отнести создание палисад, облесение подножий склонов и лесоразведение в оврагах и поймах широких водотоков. Значительно сложнее облесение конусов выноса. Неполное лесоразведение может быть организовано только на хорошо увлажняемых площадях, сухие участки могут быть облесены только при искусственном орошении [1].

**Заключение.** Общеизвестно, что причиной, влияющей на образование разрушительных селевых потоков, является уничтожение кустарниково-травяного и лесного покрова. При этом следует оговориться, что различные авторы по-разному оценивают значения лесонасаждений как основного профилактического мероприятия, предупреждающего развитие селевых потоков. Однако неоспоримо, что уничтожение растительного покрова влечет за собой усиление эрозии почвы и более интенсивное образование селевых потоков. К сожалению, далеко не во всех случаях применение мелиоративных мероприятий может оказаться эффективным. Имеется большое количество селевых водосборов, где геолого-геоморфологические условия селеформирования исключают или весьма ограничивают сферу рационального применения подобных мероприятий.

Решение проблемы противоселевой защиты горных и предгорных районов требует серьезного внимания и комплексного методичного подхода.

### Библиографический список

1. Гагошидзе М.С. Селевые явления и борьба с ними / М.С. Гагошидзе. – Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1970. – 385 с.
2. Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел / Ц.Е. Мирцхулава. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 303 с.
3. Натишвили О.Г. Гидравлические закономерности связанных селей / О.Г. Натишвили, В.И. Тевзадзе. – Тбилиси: Мецниереба, 1996. – 155 с.
4. Защита народохозяйственных объектов от воздействия селевых потоков: мат-лы междунар. науч.-техн. конф., г. Пятигорск, 17–21 нояб. 2003 г. – Новочеркасск; Пятигорск, 2003. – Вып. 1. – 111 с.
5. Ивонин В.М. Почвозащитная роль горных лесов в районах строительства олимпийских объектов / В.М. Ивонин, Н.Д. Пеньковский, В.Б. Степаницкий // Лесное хозяйство. – 2009. – № 6. – С. 22–25.
6. Флейшман С.М. Сели / С.М. Флейшман. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 312 с.
7. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения // СНиП 22-02-2003. М., 2004.

Материал поступил в редакцию 26.05.11.

### References

1. Gagoshidze M.S. Selevy`e yavleniya i bor`ba s nimi / M.S. Gagoshidze. – Tbilisi: Sabchota Sakartvelo, 1970. – 385 s. – In Russian.
2. Mirczxlava Cz.E. Osnovy` fiziki i mexaniki e`rozii rusel / Cz.E. Mirczxlava. – L.: Gidrometeoizdat, 1988. – 303 s. – In Russian.
3. Natishvili O.G. Gidravlicheskie zakonomernosti svyazny`x selej / O.G. Natishvili, V.I. Tevzadze. – Tbilisi: Meczniereba, 1996. – 155 s. – In Russian.
4. Zashhita narodnohozyajstvenny`x ob`ektov ot vozdejstviya selevy`x potokov: mat-ly` mezhdunar. nauch.-texn. konf., g. Pyatigorsk, 17–21 noyab. 2003 g. – Novocherkassk; Pyatigorsk, 2003. – Vy`p. 1. – 111 s. – In Russian.
5. Ivonin V.M. Pochvozashhitnaya rol` gorny`x lesov v rajonax stroitel`stva olimpijskix ob`ektov / V.M. Ivonin, N.D. Pen`kovskij, V.B. Stepaniczkiy // Lesnoe hozyajstvo. – 2009. – # 6. – S. 22–25. – In Russian.
6. Flejshman S.M. Seli / S.M. Flejshman. – L.: Gidrometeoizdat, 1978. – 312 s. – In Russian.
7. Inzhenernaya zashhita territorij, zdaniy i sooruzhenij ot opasny`x geologicheskix processov. Osnovny`e polozheniya / SNiP 22-02-2003. M., 2004. – In Russian.

## MUDFLOW CONTROL MEASURES AND EFFECTIVENESS OF THEIR APPLICATION IN THE BLACK SEA BASINS

### A.I. TITORENKO

(Novocherkassk State Reclamation Academy)

*Anti-mudflow protection and effectiveness of the anti-mudflow measures in the mountainous areas of the Black Sea coast in Russia as an example are considered. Some issues on the activity increase of the mudflow basins caused by the intensive construction of the venues and infrastructure at the Black Sea coast are touched.*

**Keywords:** mudflow, erosion, venues, melioration measures.