МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО

(РОСАВТОДОР)

РАСПОРЯЖЕНИЕ

17.08.2015 Москва № 1469-р

Об издании и применении ОДМ 218.2.052-2015 «Методические рекомендации по проектированию и строительству противоселевых сооружений для защиты автомобильных дорог»

В целях реализации в дорожном хозяйстве основных положений Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и обеспечения дорожных организаций методическими рекомендациями по проектированию и строительству противоселевых сооружений для защиты автомобильных дорог:

1. Структурным подразделениям центрального аппарата Росавтодора, федеральным управлениям автомобильных дорог, управлениям автомобильных магистралей, межрегиональным дирекциям по строительству автомобильных дорог федерального значения, территориальным органам управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации рекомендовать к применению с 16.09.2015 ОДМ 218.2.052-2015 «Методические рекомендации по проектированию и строительству противоселевых сооружений для защиты автомобильных дорог» (далее – ОДМ 218.2.052-2015).

2. Управлению научно-технических исследований и информационного обеспечения (А.В. Бухтояров) в установленном порядке обеспечить издание ОДМ 218.2.052-2015 и направить его в подразделения и организации, указанные в пункте 1 настоящего распоряжения.

3. Контроль за исполнением настоящего распоряжения возложить на заместителя руководителя А.А. Костюка.

Руководитель Р.В. Старовойт

О.В. Каширина
(495) 687-88-23 доб. 50-271

gost.e-ecolog.ru

ОДМ 218.2.052–2015

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ПРОТИВОСЕЛЕВЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2015

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН обществом с ограниченной ответственностью «НТЦ ГеоПроект» (ООО «НТЦ ГеоПроект»)

Руководитель работ – доктор техн. наук, профессор Маций С. И. Документ разработан доктором техн. наук Волосухиным В. А., доктором географ. наук Ефремовым Ю. В., канд. геол.-мин. наук Казаковым Н. А., канд. техн. наук Любарским Н. Н., канд. техн. наук Плешаковым Д. В., инж. Михеевой Л. А., инж. Морозовым Г. Л., инж. Тимошенко В. Ю.

2 ВНЕСЕН Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения, Управлением проектирования и строительства автомобильных дорог Федерального дорожного агентства

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от _____ № _____

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Содержание

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 2
3 Термины и определения ... 3
4 Общие положения ... 6
5 Требования к исходным данным для проектирования ... 9
5.1 Основные положения ... 9
5.2 Инженерно-геодезические изыскания ... 13
5.3 Инженерно-геологические изыскания ... 14
5.4 Инженерно-гидрометеорологические изыскания ... 19
5.5 Расчетные характеристики селевого потока ... 21
6 Проектирование и расчет противоселевых сооружений ... 26
6.1 Основные положения ... 26
6.2 Селезадерживающие сооружения ... 30
6.3 Селепропускные сооружения ... 41
6.4 Селенаправляющие сооружения ... 45
6.5 Селестабилизирующие сооружения ... 48
6.6 Селепредотвращающие сооружения ... 51
7 Строительство противоселевых сооружений ... 53
8 Стационарные наблюдения (мониторинг) ... 58
Приложение А (рекомендуемое) Методика расчета параметров наносоводного селевого потока ... 67
Приложение Б (справочное) Пример расчета параметров наносоводного селевого потока ... 75
Библиография ... 77

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Проектирование и строительство противоселевых сооружений для защиты автомобильных дорог

1 Область применения

1.1 Отраслевой дорожный методический документ «Проектирование и строительство противоселевых сооружений для защиты автомобильных дорог» (далее – методический документ) является актом рекомендательного характера.

1.2 Настоящий методический документ предназначен для использования при проектировании новых и реконструкции существующих противоселевых сооружений на участках автомобильных дорог.

1.3 Методический документ рекомендован к применению изыскательскими, проектными, строительными и эксплуатирующими организациями, а также государственными исполнительными органами управления дорожным хозяйством при соблюдении требований [1].

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 31937–2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции (актуализированная редакция СНиП II–22–81*)

СП 16.13330.2011 Стальные конструкции (актуализированная редакция СНиП II–23–81*)

СП 23.13330.2011 Основания гидротехнических сооружений (актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85)

СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги (актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85*)

СП 35.13330.2011 Мосты и трубы (актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84*)

СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) (актуализированная редакция СНиП 2.06.04–82*)

СП 39.13330.2012 Плотины из грунтовых материалов (актуализированная редакция СНиП 2.06.05–84)

СП 40.13330.2012 Плотины бетонные и железобетонные (актуализированная редакция СНиП 2.06.06–85)

СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений (актуализированная редакция СНиП 2.06.08–87)

СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения (актуализированная редакция СНиП 11–02–96)

СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения (актуализированная редакция СНиП 33-01-2003)

СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения (актуализированная редакция СНиП 22–02–2003)

3 Термины и определения

В настоящем ОДМ применены следующие термины и определения:

3.1 **активные методы защиты:** Противоселевые мероприятия, направленные на предотвращение формирования селевых потоков, ослабление селеактивности бассейна, т. е. интенсивности развития селевого процесса во времени и пространстве.

3.2 **водосбор селевого бассейна:** Часть селевого бассейна, принимающая непосредственное участие в водном питании селевого очага.

3.3 **грязекаменный селевой поток:** Связный селевой поток плотностью от 1400 до 1900 кг/м^3, твердая составляющая которого представлена смесью грубообломочного и тонкодисперсного материала.

3.4 **кольчужная сеть:** Сетка, изготовленная сплошным канатным плетением из отдельных, независимых друг от друга колец из стальной оцинкованной проволоки, соединённых воедино по периметру с соседними кольцами.

3.5 **комплекс селеформирующих пород:** Породы со схожими характеристиками, участвующие в формировании селей.

3.6 **контрзапруда:** Сооружение, предназначенное для предотвращения подмыва основной запруды.

3.7 **коэффициент селеактивности:** Показатель, учитывающий характер и степень развития эрозионных процессов.

3.8 **селеформирующий расход:** Минимальный расход воды, способный вызвать образование селевого потока.

3.9 **наносоводный селевой поток:** Несвязный селевой поток плотностью от 1100 до 1800 кг/м^3, в котором преобладает грубообломочный материал, перемещаемый преимущественно в виде взвешенных и влекомых наносов.

3.10 **несвязный селевой поток:** Тип селевого потока, в котором вода находится в свободном состоянии и является транспортирующей средой для твердой составляющей селя.

3.11 **потенциальный селевой массив (ПСМ):** Массив рыхлообломочных отложений, имеющийся в наличии или формирующийся в селевом очаге и способный при благоприятных условиях обводнения принять участие в селевом процессе.

3.12 **распад селевого потока:** Перемещение твердых включений, находящихся в селевом потоке, в направлении силы тяжести. В результате распада движущийся селевой поток частично или полностью отлагается в селевом русле.

3.13 **связный сель:** Тип селевого потока, в котором вода находится в связанном состоянии и является единым вязкопластичным телом с твердой составляющей.

3.14 **селевое русло:** Русло постоянного или временного горного водотока, по которому проходят селевые потоки.

3.15 **селевой бассейн:** Водосборный бассейн, в пределах которого формируются селевые потоки, а движение их происходит по главному руслу.

3.16 **селевой конус выноса:** Морфологическое образование, сложенное селевыми отложениями на участках выхода селевых потоков из бокового ущелья в более широкую долину или на предгорную равнину, имеющее характерную конусообразную форму.

3.17 **селевой поток:** Стремительный русловой поток, состоящий из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных водотоков и характеризующийся резким подъемом уровня, пульсационным (волновым) движением и кратковременностью действия.

3.18 **селевые отложения:** Скопления обломков горных пород, образовавшихся в результате распада или остановки селевого потока.

3.19 **селехранилище:** Искусственный водоем, образованный селезадерживающим сооружением, в пределах которого аккумулируются селевые потоки и накапливаются селевые отложения.

3.20 **уклон тальвега:** Отношение разности высотных отметок тальвега на каком-либо участке русла к длине этого участка.

3.21 **уклон уравнительный:** Отношение разности высотных отметок поверхности селевых отложений перед противоселевым сооружением.

4 Общие положения

4.1 Противоселевые сооружения предназначены для обеспечения безопасной эксплуатации селеопасных участков автомобильных дорог.

4.2 При проектировании, строительстве и эксплуатации противоселевых сооружений на автомобильных дорогах необходимо соблюдать требования СП 34.13330 и СП 116.13330, а также учитывать рекомендации настоящего методического документа.

4.3 Исходным положением для проектирования противоселевых сооружений является выявление природных и техногенных факторов разрушающих воздействий, присутствующих или способных проявиться в период их эксплуатации на рассматриваемом участке автомобильной дороги. Требования к исходным данным для проектирования приведены в разделе 5 настоящего методического документа.

4.4 Разработку проекта и расчет противоселевых сооружений следует выполнять в соответствии с рекомендациями раздела 6 с учетом уровня ответственности защищаемого участка автомобильной дороги, его конструктивных и эксплуатационных особенностей, а также масштабности проявления, цикличности и причин развития селевых процессов, конкретных инженерно-геологических условий и прогноза их изменения в период строительства и эксплуатации объекта.

4.5 При проектировании противоселевых защитных сооружений должны разрабатываться варианты комплексов этих сооружений с целью выбора оптимального из них по эффективности, надежности, технологии выполнения и экономичности с учетом прогноза взаимодействия комплекса с окружающей природно-хозяйственной средой и обеспечения наилучших условий его содержания в процессе строительства и эксплуатации.

Выбор оптимальных проектных решений должен сопровождаться соответствующим технико-экономическим обоснованием, при разработке которого следует учитывать степень целесообразности и эффективности

различных вариантов. Технические и технологические решения конкретного варианта должны содержать оценки экономического и экологического эффектов при его осуществлении.

4.6 При проектировании противоселевых защитных сооружений необходимо рассматривать возможность снижения вероятности возникновения селевых потоков и их объемов путем выполнения в селевом бассейне дополнительных селезащитных мероприятий:

- лесомелиоративных;
- мелиоративно-технических;
- организационно-хозяйственных.

4.7 Лесомелиоративные мероприятия являются долговременными противоселевыми мерами. Предназначены для предотвращения эрозионных процессов, регулирования поверхностного стока, защиты территории от заносов рыхлообломочным материалом и т. д. К лесомелиоративным мероприятиям относят сплошное или частичное облесение горных склонов и искусственных террас, русловое лесоразведение, посевы многолетней травянистой растительности и т. д.

4.8 Мелиоративно-технические противоселевые мероприятия применяются с целью устранения или ослабления отдельных естественных факторов селеобразования: предотвращения прорыва ледниковых или завальных озер, регулирования паводков. Наиболее распространёнными мероприятиями этого типа являются склоноукрепляющие террасы, террасы-каналы, нагорные и водосбросные канавы (ливнезадерживающие и стокоотводящие), подпорные стены, дренажные устройства и др.

4.9 Организационно-хозяйственные противоселевые мероприятия проводятся с целью минимизации воздействия антропогенных факторов селеобразования. К ним относятся: защита от пожаров, ограничение или запрет вырубки лесных массивов, регулирование выпаса скота. А также выполнение противоэрозионных мероприятий при дорожном и других видах строительства, расчистка лотков и канав, поддержание в эксплуатационной

пригодности и своевременный ремонт существующих противоселевых сооружений и др.

4.10 При выполнении строительно-монтажных работ по возведению противоселевых сооружений следует выполнять рекомендации раздела 7 настоящего методического документа.

4.11 Строительные материалы для противоселевых сооружений должны удовлетворять требованиям государственных стандартов и технических условий на эти материалы, а их выбор необходимо производить согласно требованиям глав СП по проектированию: бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений СП 41.133330; плотин из грунтовых материалов СП 39.13330; каменных и армокаменных конструкций СП 15.13330, стальных конструкций СП 16.13330.

4.12 Для контроля работы противоселевых сооружений в период их строительства и эксплуатации на участках выполняется мониторинг в соответствии с разделом 8 настоящего методического документа.

5 Требования к исходным данным для проектирования

5.1 Основные положения

5.1.1 Исходные данные для проектирования средств противоселевой защиты должны охватывать весь круг сведений, необходимых для определения величин действующих нагрузок, назначения основных параметров конструкций и технико-экономической оценки предлагаемых вариантов проектных решений.

5.1.2 Исходные данные для проектирования средств противоселевой защиты должны включать:

- общие сведения о селеопасном участке автомобильной дороги;
- материалы выполненных на участке инженерных изысканий;
- результаты стационарных наблюдений (мониторинга);
- сведения о перспективах развития исследуемого участка дороги, данные по прогнозу последствий и потерь (социальных, экономических и экологических) от воздействия опасных природных процессов на исследуемый участок дороги.

5.1.3 Исходные данные для проектирования средств противоселевой защиты должны быть основаны на обобщенной информации, охватывающей все виды инженерных изысканий (геодезических (см. подраздел 5.2), геологических (см. подраздел 5.3), гидрометеорологических (см. подраздел 5.4) и экологических), выполненных на исследуемом участке автомобильной дороги. Инженерные изыскания следует выполнять в соответствии с требованиями СП 47.13330 и [2].

5.1.4 Границы селеопасных участков, должны назначаться по материалам рекогносцировочных обследований, аэрофотоснимкам и космическим снимкам разных лет и уточняться последующими изысканиями в этих зонах. Они должны охватывать участок дороги, подлежащий защите, и сопредельные сним участки. Уточнение границ выявленных селеопасных

участков следует выполнять с помощью рекогносцировочных обследований и инженерно-геологических съемок в масштабах 1:10000.

5.1.5 Перед организацией и проведением полевых работ следует выполнить сбор, систематизацию и анализ материалов ранее выполнявшихся на площадке инженерных изысканий, а также сведений о селях. С учетом этих данных изыскательской организации необходимо составить программу работ с последующим утверждением заказчиком.

5.1.6 Содержание и объемы изыскательских работ должны быть достаточными для:

- выявления селевых бассейнов и определения их размеров;

- составления возможных вариантов трассирования автомобильных дорог;

- определения комплекса мер по защите объектов и их размещения и выбора типов конструкций защитных сооружений;

- определения расчетных характеристик селевых потоков, образующихся при выпадении дождей, таянии снега и при прорыве ледниковых и других горных водоемов;

- установления закономерностей возникновения селевых потоков различных типов, выявления геологических, геоморфологических, инженерно-геологических и гидрометеорологических факторов их образования, транзита и накопления;

- подготовки прогноза изменений инженерно-геологических, гидрологических и экологических условий с учетом природных и техногенных факторов.

5.1.7 В ходе инженерных изысканий должны быть собраны и проанализированы:

- данные о приуроченности очагов наблюдавшихся ранее селевых потоков к определенным гипсометрическим уровням, геологическим и геоморфологическим условиям;

- ряды повторяемости проявления селей, а также сведения о факторах, предшествующих активизации селевых процессов;

- сведения о распределении и повторяемости разной интенсивности атмосферных осадков в бассейне, режиме постоянных и временных водотоков;

- данные о закономерностях изменения температуры и влажности по высотным поясам и сезонам года, а также периодах и интенсивности таяния снега и ледников;

- данные об объемах наблюдавшихся селевых потоков, скоростях движения, расходах, гранулометрическом составе, плотности и объемах рыхлого обломочного и песчано-глинистого материала в очагах, промежуточных участках разгрузки и на конусах выноса;

- информация об экстремальных значениях гидрометеорологических характеристик;

- сведения о разрушениях и деформациях зданий, сооружений (в том числе сооружений инженерной защиты) и участков дорог, вызванных воздействием селевых потоков.

5.1.8 Материалы инженерных изысканий на территории селевых бассейнов должны содержать:

- описание условий формирования (селеформирующий расход, уклон русла и т. д.) и распространения селей;

- сведения о ранее прошедших селевых потоках;

- расчетные параметры селя заданной обеспеченности (расход, скорость, глубину, плотность потока; гидродинамическое, гидростатическое и полное давление на препятствие; объем, плотность и гранулометрический состав селевых выносов; ширину, высоту и время добегания фронта);

- фотоснимки, характеризующие состояние селевых бассейнов в настоящее время и в предшествующий период;

- комплексную схематическую карту селевых бассейнов масштаба 1:25000;

- космические снимки различного типа, отражающие селевые участки района изысканий;

- физико-механические характеристики грунтов в селевых очагах, русловых и селевых отложениях;

- морфометрические характеристики селевых русел на участках расчетных створов.

5.1.9 Описание условий формирования селей в селевом бассейне должно включать:

- характеристику литолого-генетических комплексов пород, определяющих устойчивость к разрушению горных пород;

- характеристику геоморфологических и гидрометеорологических условий бассейна, определяющих возможность и масштабы селепроявлений;

- заключение о возможных типах селевых процессов и селевых потоков, их масштабности и повторяемости;

- рекомендации о направленности и характере противоселевых мероприятий.

5.1.10 Сведения о ранее прошедших селевых потоках должны содержать данные, полученные из литературных и фондовых источников, от местных жителей, а также методами геоморфологического анализа, литолого-фациального анализов и геоботанической хронологии селей. Оценку характеристик селевых потоков следует проводить по оставленным ими следам (селевые террасы, гряды, холмы и др.), теодолитным, космическим и аэрофотоснимкам.

5.1.11 При наличии противоселевых сооружений, а также зданий и сооружений, пострадавших от селевых процессов следует выполнять обследование их технического состояния согласно ГОСТ 31937. Для противоселевых сооружений дополнительно следует указывать продолжительность их эксплуатации и эффективность выполнения защитных функций.

5.1.12 При сейсмичности селеопасного участка 6 баллов и более необходимо учитывать возможность сейсмогенной активизации селевых процессов.

5.1.13 По результатам выполненных инженерных изысканий следует составлять рекомендации по выбору противоселевых сооружений, оценивать влияние проектируемого объекта на условия формирования селей, выполнять прогноз изменений инженерно-геологических, экологических и других условий с учетом природных и техногенных факторов на расчетный срок эксплуатации защищаемого участка автомобильной дороги.

5.2 Инженерно-геодезические изыскания

5.2.1 Инженерно-геодезические изыскания на селеопасных участках автомобильных дорог следует выполнять для получения топографо-геодезических планов и поперечных профилей селевого бассейна. Инженерно-геодезические изыскания следует выполнять в соответствии с положениями [3].

5.2.2 Материалы инженерно-геодезических изысканий на селеопасных участках автомобильных дорог должны включать:

- материалы топографических съемок разных лет, архивные материалы, характеризующие изменения рельефа селевого бассейна за предшествующий изысканиям период времени;
- топографический план селевого бассейна;
- геодезические профили селевого русла.

5.2.3 При исследовании селеопасных участков рекомендуются топографические планы для инженерно-геологической съемки и схем расположения противоселевых сооружений и мероприятий масштабов 1:10000÷1:2000 и 1:1000÷1:500 соответственно. При этом отдельные структурные элементы селевого бассейна, а также участки расположения противоселевых сооружений могут быть при необходимости уточнены с помощью крупномасштабной съемки 1:200÷1:500.

5.2.4 Дополнительно следует выполнять продольные профили главного русла и всех впадающих в него селевых тальвегов, а также поперечные профили в расчетных створах на участках проектируемых противоселевых сооружений.

5.2.5 Построение продольного профиля конуса выноса следует выполнять вверх от морфоствора, расположенного в замыкающем створе селевого бассейна, на расстояние в две-три его ширины и вниз до нижней границы зоны аккумуляции селевых отложений. Если длина конуса выноса более 5 км, профиль строят в пределах детального плана. На небольших конусах продольный профиль составляют по прямому направлению от горловины ущелья до нижней границы; пониженные точки извилистого русла проецируют на эту прямую. Если поток сваливается в сторону от оси конуса, то также составляют профили, проходящие через эти места. На недействующих конусах с врезанным руслом продольный профиль строят по урезам с нанесением характерных отметок бровок русла.

5.2.6 Поперечные профили следует выполнять до высоты 10 м над уровнем потока по каждому расчетному участку основного селевого русла.

5.3 Инженерно-геологические изыскания

5.3.1 Инженерно-геологические изыскания на селеопасных участках автомобильных дорог следует выполнять для получения фактических материалов о геологическом строении рассматриваемого участка дороги, физико-механических характеристиках грунтов, а также о других опасных геологических процессах, получивших развитие в его пределах или прилегающей территории. Инженерно-геологические изыскания следует выполнять в соответствии с положениями [2, 4÷7].

5.3.2 Материалы инженерно-геологических изысканий на селеопасных участках автомобильных дорог должны включать:

- описание геологического строения, тектонической нарушенности, блочности грунтового массива, эндогенных процессов (неотектоники и

сейсмичности площадки изысканий с отражением результатов сейсмического микрорайонирования);

- данные об инженерно-геологических свойствах грунтов, в том числе нормативных и расчетных значения показателей их прочности, деформационных и реологических свойства в пределах всех выделенных в грунтовом массиве инженерно-геологических элементов (см. 5.3.5);

- описание гидрогеологических условий, в том числе информацию о наличии в грунтовом массиве водоносных слоев, их количестве, источниках их питания, условиях дренирования, наличии взаимосвязи между отдельными водоносными слоями; режиме уровней подземных вод; химическом составе подземных и поверхностных вод;

- карты селевых бассейнов (см. 5.3.4);

- информацию об экзогенных геологических процессах, способствующих развитию селевых процессов.

Для получения указанных материалов следует выполнять инженерно-геологические съемки (см. 5.3.3), горные выработки, геофизические исследования и другие виды работ.

5.3.3 В рамках инженерно-геологической съемки территории селевых бассейнов следует устанавливать:

- закономерности распространения различных генетических типов очагов зарождения селей по территории бассейна и их характерные особенности;

- особенности продольного профиля постоянных и временных водотоков, определяющие условия транзита селей – места образования заторов, временного затухания и окончательной разгрузки селевых потоков;

- основные стратиграфо-генетические и литологические типы пород, подверженных выветриванию, эрозии, оползнеобразованию и другим склоновым процессам и поставляющих основную массу твердого материала в селевые потоки;

- условия залегания пород, их вещественный состав, окатанность, мощность и контакты с другими типами отложений;

- связь селевых очагов со структурно-тектоническими особенностями региона, влияющими на крутизну русел и энергию потока (характером и степенью дислоцированности пород, ориентировкой сети трещин и разломов по отношению к простиранию хребтов и речных систем);

- закономерности распределения растительности в зависимости от вертикальной зональности, экспозиции и крутизны склона. Роль различных видов растительности в защите от денудационных процессов и закреплении склонов.

5.3.4 На комплексной схематической карте селевого бассейна должны быть обозначены:

- основные орографические элементы (хребты, горные вершины);

- гидрографическая сеть с характеристикой зоны транзита (уклонов русел и места возможных заторов, литолого-генетических комплексов коренных и четвертичных пород);

- области формирования селей (селевые очаги, запасы рыхлообломочного материала в них);

- зоны транзита селевых потоков (речные русла, эрозионные врезы, селевые террасы, гряды);

- зоны аккумуляции селевых отложений (конусы выносов, селевые поля);

- ледники, древние и современные морены, озера и водохранилища;

- не залесенные площади, скопления обломочного материала и оползневых отложений;

- границы селеопасных бассейнов, существующие противоселевые сооружения и их типы;

- важнейшие народнохозяйственные объекты, находящиеся в зоне действия селевых потоков.

Карта должна также содержать сведения о:

- распространении экзогенных геологических процессов;
- почвенно-растительном покрове и эродированности водосбора;
- существующих противоселевых мероприятиях;
- возможных типов селевых потоков и процессов на различных участках бассейна.

5.3.5 К физико-механическим характеристикам грунтов в селевых очагах и селевых отложениях относят:

- гранулометрический (зерновой) состав;
- угол внутреннего трения (статический и динамический) в водонасыщенном состоянии;
- плотность твердой составляющей селевых отложений;
- пористость;
- объемную влажность;
- размываемость, размокаемость и истираемость обломочного материала;
- тиксотропные свойства;
- объемную влажность и другие характеристики, необходимые для проектирования и расчета противоселевых защитных сооружений.

Определение физико-механических характеристик грунтов следует предусматривать в количестве, указанном в таблице 1.

Таблица 1 – Определение физико-механических свойств грунтов

Площадь селевого бассейна, км^2	Количество определений физико-механических свойств*	
	селеформирующих грунтов	русловых отложений
Менее 10	3	1
От 10 до 100	5	3
Более 100	10	5
Примечание – Указано минимальное количество определений физико-механических свойств.		

5.3.6 В зависимости от вида проектируемых противоселевых сооружений и мероприятий согласно [5, 6], набор необходимых дополнительных показателей и характеристик следует определять в соответствии с техническим заданием.

5.3.7 Конусы выноса горных водотоков предварительно обследуют с целью установить морфологический тип конуса, наметить возможные варианты его пересечения и составить схемы регулирования потока. Конусы выноса в устьевой части горных водотоков подразделяются на четыре типа, характеризующихся признаками:

- поток растекается при каждом паводке;

- на поверхности конуса выражено одно или несколько русел, пропускающих средние паводки; при выдающихся паводках происходит переформирование русел;

- большая часть поверхности конуса покрыта растительностью, на ней расположены населенные пункты и культурные насаждения; другая часть, врезанная в поверхность конуса, является действующей и в ее пределах происходит блуждание водотока;

- недействующий конус; русло водотока врезано в его поверхность и имеет сечение, способное пропустить максимальные расходы.

5.3.8 При обследовании устанавливают тип конуса выноса, собирают сведения о гидрологическом режиме водотока, мощности, характере и частоте прохождения паводков. При больших размерах конусов съемкой охватывают в продольном направлении участок от горловины ущелья до оси перехода и ниже его на расстояние, равное двум-трем отверстиям моста.

5.3.9 Для нижних вариантов пересечения конусов дорогой разрешается при наличии крупномасштабных карт съемку ограничивать участками, подлежащими регулированию, при увязке всех вариантов на схеме масштаба не мельче 1:10000. При съемке уделяют внимание местам, где русловые бровки наиболее понижены, отмечают существующие и заброшенные оросительные канавы, фиксируют берегозащитные сооружения. На плане

показывают места глыбовых навалов с указанием средних и максимальных размеров глыб или валунов, а также места определения гранулометрического состава отложений.

5.3.10 Русловой процесс на конусах выноса характеризуется наращиванием отметок поверхности действующей части конуса и углублением основного русла с выработкой вогнутого профиля. В результате отдельных высоких паводков возможна забивка выносами разработанных русел, выход потока на ранее бездействующую часть конуса с выработкой новых русел. Сведения об этих явлениях собирают путем визуального обследования и опроса старожилов.

5.3.11 При обследовании устанавливают ширину и высоту отложений, дальности выброса селя, характер изменения среднего и максимального размеров отложений по длине конуса. По растущим на конусе деревьям с занесенной частью ствола определяют шурфованием высоту отложений от начала корневой системы за период, равный возрасту дерева плюс 5÷10 лет.

5.3.12 Интенсивность русловых деформаций на конусах выноса может быть определена по существующим гидротехническим сооружениям: положение линии грунта у этих сооружений сопоставляют с проектными чертежами и показаниями работников эксплуатационных организаций.

5.4 Инженерно-гидрометеорологические изыскания

5.4.1 Инженерно-гидрометеорологические изыскания на селеопасных участках автомобильных дорог следует выполнять для получения гидрометеорологических характеристик селевого бассейна. Инженерно-гидрометеорологические изыскания следует выполнять в соответствии с [8].

5.4.2 Продолжительность наблюдений при инженерно-гидрометеорологических изысканиях должна определяться временем, необходимым для установления с достаточной достоверностью корреляционных связей между изучаемыми характеристиками, получаемыми за одновременный период наблюдений на площадке строительства и на

опорном посту-аналоге. При этом продолжительность наблюдений должна быть не менее периодов активизации селеформирующих паводков (выпадения дождей, таяния снегов).

5.4.3 В результате инженерно-гидрометеорологических изысканий должны быть получены основные гидрометеорологические характеристики;

- значения температуры и влажности воздуха по высотным поясам и сезонам года;
- распределение и интенсивность атмосферных осадков в селевом бассейне, сведения о повторяемости атмосферных осадков разной интенсивности;
- сведения о периодах таяния снегов и ледников;
- гидрографические и гидравлические характеристики селевых бассейнов, русла и поймы (см. 5.4.4).

При необходимости состав материалов может быть значительно расширен, вплоть до включения исследований, выполняемых по специальным программам.

5.4.4 Гидрологические исследования режима водотока выполняют в соответствии с [8], результаты, которых должны содержать следующие данные:

- площадь водосборного бассейна и источники питания водотока;
- длину, ширину, глубину и уклон русла;
- тип руслового процесса на исследуемом участке, оценку характера глубинных и плановых деформаций русла и поймы;
- скорость течения, расход и отметки уровня в межень и в паводки, их повторяемость и обеспеченность;
- характеристику паводков, их интенсивность и продолжительность, границы затопления местности;
- наличие и характер карчехода (применительно к отдельным деревьям, их длине и диаметру).

5.5 Расчетные характеристики селевого потока

5.5.1 Определение расчетных характеристик селевых потоков, образующихся при выпадении дождей, таянии снега и при прорыве ледниковых и других горных водоемов, следует производить на основе результатов комплексных изысканий.

5.5.2 Расчет характеристик ливневых паводков производится согласно требованиям [9]. Для предварительной оценки характеристик селей, вызванных ливневыми паводками, допускается пользоваться приложением А настоящего методического документа.

Расчет параметров селей имеющих гляциальное происхождение выполняется согласно методике изложенной в [10].

Расчет параметров селевых потоков, возникновение которых обусловлено предварительного переувлажнения неустойчивых массивов грунта, определяют по данным изысканий, исходя из объемов пород этих потенциальных селевых массивов.

5.5.3 При наличии в селевом бассейне оледенения, производят расчет характеристик селевых потоков как гляциального, так и ливневого происхождения. Из результатов расчета выбирают характеристики селевых потоков, определяющие наиболее неблагоприятный случай взаимодействия их с сооружениями.

5.5.4 Полученные в результате расчета характеристики селевых потоков сопоставляют с фактическими данными о прошедших селевых потоках и в случае, если последние более неблагоприятны для работы сооружений, допускается принимать их в качестве расчетных при надлежащем обосновании.

5.5.5 Одним из основных параметров селевого потока, влияющих на выбор защитных сооружений и мероприятий является его расход, определяемый по формуле:

$$Q_c = v_c \omega \qquad (1)$$

где Q_c – расход селя, м^3/с;

v_c – скорость селевого потока, м/с;

ω – площадь поперечного сечения селевого потока, м^2.

5.5.6 Средняя скорость селевого потока для разных структурно-реологических типов селей определяется по формулам:

для связных селей v_{cc}, м/с:

$$v_{cc} = 3{,}75 \cdot h^{0{,}5} \cdot i^{0{,}17} \quad (2)$$

где h – средняя глубина потока, м;

i – уклон селевого русла.

для несвязных селей $v_{нс}$, м/с:

$$v_{нс} = 4{,}5 \cdot h^{0{,}5} \cdot i^{0{,}17} \quad (3)$$

5.5.7 Максимальная скорость селевого потока v_{max}, м/с, рассчитывается по формуле:

$$v_{\max} \approx 1{,}8 v_{ср} \quad (4)$$

5.5.8 При наличии данных полевых наблюдений, скорость прошедших селей определяют по их следам, например, по заплескам и селевым обмазкам на деревьях определяют по формуле:

$$v_c = \frac{\sqrt{2g \cdot \Delta h}}{\alpha} \quad (5)$$

где Δh – разность между отметками следов уровня (обмазки) в лобовой и тыловой части дерева (скоростной напор), м;

α – коэффициент, зависящий от свойств селевой массы (среднее значение α = 0,65)

5.5.9 Максимальный объём вероятного селя V_{max}, м^3, определяют по формуле:

$$V_{\max} = V_n + V_w \quad (6)$$

где V_n, – объём горных пород потенциального селевого массива, который может накопиться в данном селевом бассейне, м^3;

V_w – объём водной составляющей, м^3.

5.5.10 Объем сошедшего селя V_c в м^3 определяют по формуле:

$$V_c = V_k + V_t + V_p + V_{pw} \quad (7)$$

где V_k – объём крупнообломочного материала, отложившегося в конусе выноса, м^3;

V_t – объём крупнообломочного материала, отложившегося в зоне транзита, м^3;

V_p – объём тонкодисперсного материала, вынесенного селевым паводком за границы селевого конуса выноса, м^3;

V_{pw} – объём водного послеселевого паводка, м^3.

5.5.11 Послеселевой паводок представляет собой прохождение водной составляющей селя после разгрузки твёрдой составляющей селя и является переходной стадией от кратковременного проявления максимума эрозионного процесса в селевом бассейне к нормальному гидрологическому режиму реки.

5.5.12 Объем селя любого типа при наличии данных наблюдений за селями приближенно может быть определен по формуле:

$$V_c = 0{,}5 \cdot Q_{\max} \cdot T \quad (8)$$

где Q_{max} – максимальный расход селя, м^3/с;

T – продолжительность селя, с.

5.5.13 Ширина селевых потоков определяется по данным полевых изысканий исходя из морфометрических характеристик селевого русла и глубины селя или по меткам высшего селевого горизонта.

5.5.14 Максимальную глубину селевого потока H_{max}, м, принимают равной:

$$H_{\max} = 1{,}5 \cdot h \quad (9)$$

где h – средняя глубина потока, м.

5.5.15 Величину H_{max} отсчитывают от самой низкой точки расчетного створа, но полученная, таким образом, отметка не может быть меньше среднего уровня потока.

5.5.16 Толщина селевых отложений определяется по данным полевых изысканий исходя из геоморфологического строения зоны аккумуляции

селевых отложений, объёма, глубины и структурно-реологического типа селя.

5.5.17 Нагрузки и воздействия на противоселевые защитные сооружения от селевых потоков (рисунок 1), следует принимать:

а) статическое давление отложившейся массы селевого потока $P_{ст}$, Па, в точке, находящейся на глубине H, м, в течение времени аккумуляции селевого потока следует определять по формуле:

$$P_{ст} = g \cdot \rho_c \cdot H, \tag{10}$$

где g – ускорение силы тяжести, 9,81, м/с^2;

ρ_c – плотность отложившихся селевых наносов, кг/м^3;

б) горизонтальная составляющая нагрузки от суммарного значения статического и динамического давлений движущегося селевого потока $P_д$, Па, на 1 м сооружения, перпендикулярного направлению его движения, необходимо определять по формуле:

$$P_д = 4{,}5\rho_c \cdot v_{ср}^{\,2} H_c, \tag{11}$$

где $v_{ср}$ – средняя скорость селевого потока при подходе к сооружению в м/с;

H_c – глубина движущейся селевой массы у сооружения, м.

5.5.18 Статическое давление отложившейся массы наносоводного селевого потока определяется по обычной схеме расчета гидротехнических сооружений – с раздельным учетом гидростатического давления воды и давления отложенных наносов $P_н$, Па определяемого по формуле:

$$P_н = g(\rho_{нв} - \rho_в) H_н \cdot \mathrm{tg}^2 (45° - \varphi_н 0{,}5), \tag{12}$$

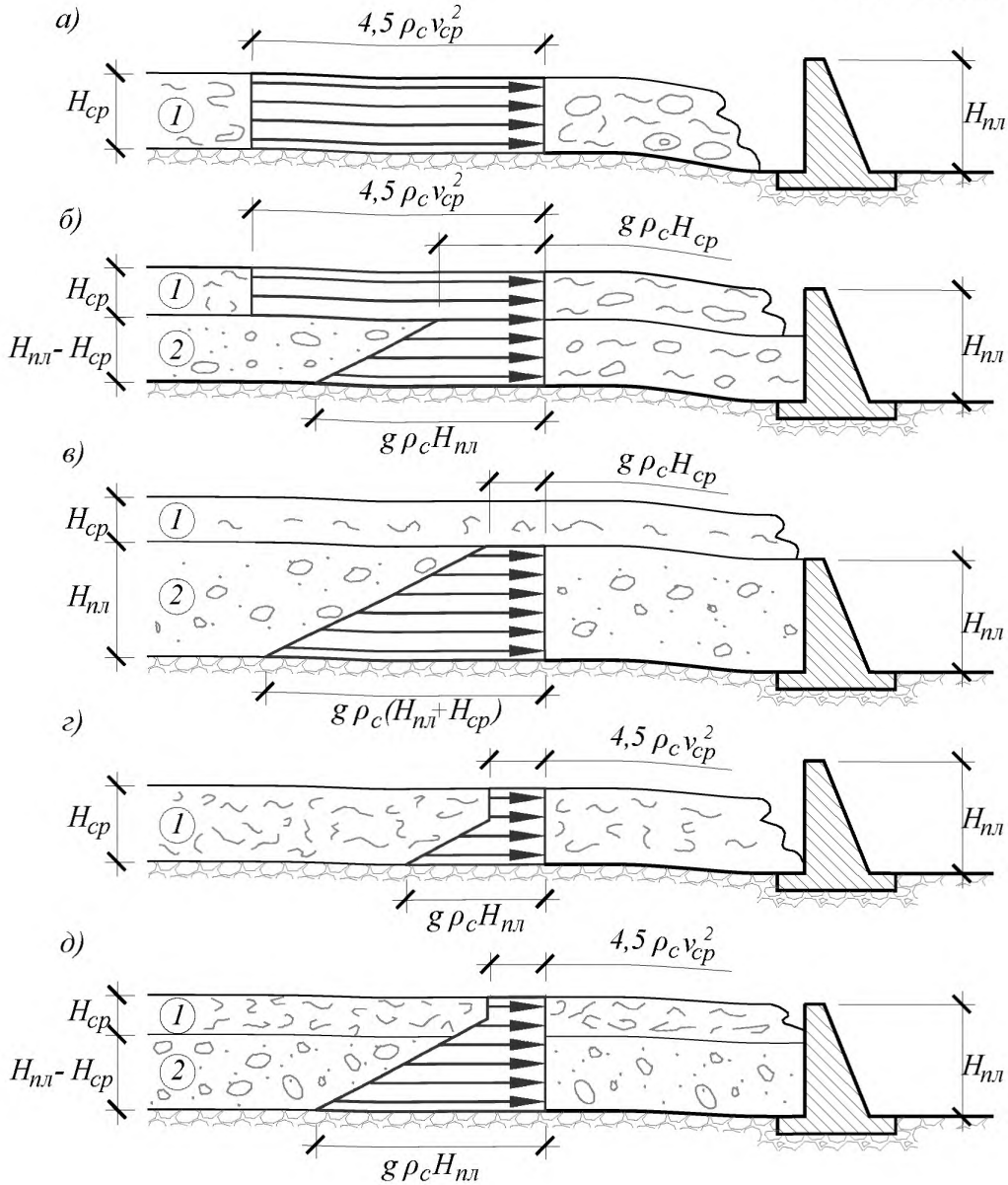
где g – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с^2;

$\rho_{нв}$ – плотность водонасыщенного грунта наносов, кг/м^3;

$\rho_в$ – плотность воды, кг/м^3;

$H_н$ – высота наносов перед плотиной, м;

$\varphi_н$ – угол внутреннего трения грунта наносов, град.



а, б, в – при $4{,}5\rho_c v_{ср}^2 > g\,\rho_c H_{ср}$; *г, д* – при $4{,}5\rho_c v_{ср}^2 < g\,\rho_c H_{ср}$

а, г – эпюра давления от первого вала селевого потока глубиной $H_{ср}$;

б, д – эпюра давления на плотину высотой $H_{пл}$ при воздействии на нее очередного вала селевого потока глубинной $H_{ср}$ и ранее отложившейся массы этого же потока глубиной $H_{пл} - H_{ср}$; *в* – эпюра давления на плотину при подходе к ней очередного селевого вала, движущегося по заполненному этим же селевым потоком селехранилищу; *1* – движущийся вал селевого потока; *2* – ранее отложившаяся масса этого же селевого потока

Рисунок 1 – Схема к определению нагрузок на сооружение от селевого потока

6 Проектирование и расчет противоселевых сооружений

6.1 Основные положения

6.1.1 Противоселевые защитные сооружения подразделяются на основные виды, приведенные в таблице 2.

6.1.2 Классы противоселевых сооружений назначаются согласно требованиям главы 8 СП 58.13330 с учетом значимости защищаемых объектов и возможных последствий от нарушения их нормальной работы.

Класс селезадерживающих и селепредотвращающих сооружений (плотин грунтовых, бетонных и железобетонных) принимается в зависимости от типа грунтов и их высоты по приложению Б СП 58.13330. Для селепропускных и селенаправляющих сооружений, расположенных на территории без населенных пунктов, принимается IV класс, при наличии населенных пунктов – III. Стабилизирующие защитные сооружения рекомендуемся относить к IV классу.

Таблица 2 – Виды противоселевых сооружений

Отличительные признаки сооружений		Основные виды противоселевых защитных сооружений
по назначению	по местоположению	
Селезадерживающие	Русловые	Системы противоселевых подпорных запруд-барражей; одиночные селезадерживающие запруды и плотины; глубинные котлованы-уловители; боковые удерживающие площадки и т. д.
Селепропускные		Каналы, селеспуски, мосты
Селенаправляющие		Направляющие и ограждающие дамбы, шпоры
Селепредотвращающие		Водорегулирующие плотины; водосбросы на озерных перемычках
Стабилизирующие	Склоновые и русловые	Террасы, нагорные водосборные канавы, подпорные стены, дренажные устройства, барражи, пороги

6.1.3 Расчетная ежегодная вероятность превышения максимальных расходов паводков, вызывающих селевые потоки, принимается исходя из класса сооружения по СП 116.13330:

- селезадерживающих, вызванных дождевыми паводками – 1 %, прорывом ледниковых и других горных водоемов – на основании результатов изысканий и требований региональных методик (селезадерживающие плотины, разрушение которых угрожает катастрофическими последствиями – 0,01 %);

- селепропускных и селенаправляющих сооружений III класса – 0,5 %, IV класса – 1 %;

- стабилизирующих и профилактических (кроме водорегулирующих плотин) – 2 %;

- водорегулирующих плотин – 1 %.

6.1.4 При проектировании противоселевых сооружений на основное сочетание нагрузок и воздействий учитываются:

- собственный вес сооружения;

- вес грунта, сдвигающегося вместе с сооружением, и боковое давление грунта со стороны верхнего и нижнего бьефов;

- статическое давление наносов и воды (при НПУ) перед сооружением;

- гидростатическое и фильтрационное давление, соответствующее условиям работы;

- суммарное статическое и динамическое давление движущегося селевого потока (только для селезадерживающих, селепропускных и селенаправляющих сооружений).

6.1.5 При проектировании противоселевых сооружений на особое сочетание нагрузок и воздействий учитываются нагрузки основного сочетания и одна из следующих нагрузок:

- сейсмические воздействия (взамен последнего подпункта основного сочетания нагрузок);

- воздействие селевого потока, вызванного паводком с вероятностью превышения 0,01 % – только для селезадерживающих плотин, разрушение

которых угрожает катастрофическими последствиями (взамен последнего подпункта основного сочетания нагрузок).

6.1.6 Нагрузки и воздействия для строительного и эксплуатационно-ремонтного периодов принимаются по особому и основному сочетаниям в наиболее неблагоприятных случаях.

6.1.7 В соответствии с СП 58.13330 оценка наступления предельных состояний первой группы (устойчивости и прочности) противоселевых сооружений, их конструкций и оснований производится, исходя из условия:

$$\gamma_{lc} \cdot F \geq \frac{R}{\gamma_n}, \qquad (13)$$

где F – расчетное значение обобщенного силового воздействия (сила, момент, напряжение), деформации или другого параметра, по которому производится оценка предельного состояния, определенное с учетом коэффициента надежности по нагрузке γ_f (таблица 11);

R – расчетное значение обобщенной несущей способности, деформации или другого параметра (при расчетах по первой группе предельных состояний – расчетное значение; при расчетах по второй группе предельных состояний – нормативное значение), устанавливаемого нормами проектирования отдельных видов гидротехнических сооружений, определенное с учетом коэффициентов надежности по материалу γ_m или грунту γ_g и условий работы γ_c ;

γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения, принимаемый:

- при расчетах по предельным состояниям первой группы: для класса сооружений: I – 1,25; II – 1,20; III – 1,15; IV – 1,10;
- при расчетах по предельным состояниям второй группы – 1,00.

γ_{lc} – коэффициент сочетания нагрузок, принимаемый:

- при расчетах по первой группе предельных состояний:

- для основного сочетания нагрузок и воздействий в период нормальной эксплуатации – 1,00;

- то же, для периода строительства и ремонта – 0,95;

- для особого сочетания нагрузок и воздействий:

- при особой нагрузке, в том числе сейсмической на уровне проектного землетрясения (ПЗ), годовой вероятностью 0,01 и менее – 0,95;

- при особой нагрузке, кроме сейсмической, годовой вероятностью 0,001 и менее – 0,90;

- при сейсмической нагрузке уровня максимального расчетного землетрясения – 0,85;

- при расчетах по второй группе предельных состояний – 1,00.

Примечание – В основное сочетание нагрузок и воздействий в период нормальной эксплуатации, как правило, включают временные кратковременные нагрузки годовой вероятностью более 0,01.

6.1.8 При расчете противоселевых сооружений выполняют основные виды расчётов: общей устойчивости, прочности элементов конструкции, размыва основания перед и после сооружения.

6.1.9 Расчет общей устойчивости выполняют согласно СП 58.13330 и СП 23.13330.

Таблица 3 – Значения коэффициента надежности по нагрузке γ_f при расчетах по предельным состояниям первой группы

Наименование нагрузок	Коэффициент перегрузки *n*
Собственный вес сооружения	1,05 (0,95)
Вертикальное давление от веса грунта	1,1 (0,9)
Боковое давление грунта	1,2 (0,8)
Давление наносов, селевых отложений и селевого потока	1,2
Гидростатическое давление	1,0
Сейсмическое воздействие	1,0
Примечание – Значение *n* в скобках принимаются в невыгодных случаях загружения.	

6.1.10 Методика расчета прочности элементов конструкции зависит от типа материала, используемого для возведения. Применяемые строительные материалы очень разнообразны – от классических (бетон, железобетон, каменная кладка, металлические изделия и др.) до специфических (автошины). Бетонные и железобетонные противоселевые сооружения и их элементы должны удовлетворять требованиям строительных норм проектирования бетонных и железобетонных конструкций СП 41.13330. Сооружения из грунтовых материалов СП 39.13330; каменных и армокаменных конструкций СП 15.13330, стальных конструкций СП 16.13330. Требования к нестандартным материалам должны быть рекомендованы разработчиками проектных решений.

6.1.11 Устойчивость сооружений против донного и бокового размыва и подмыва должна обеспечиваться путем заделки донных и боковых элементов в породы, неразмываемые при расчетной скорости потока. Глубина заделки противоселевых защитных сооружений в основаниях должна назначаться на 0,5÷1,0 м ниже максимальных глубин размыва селевых потоков расчетной обеспеченности. Возможность размыва до и после сооружения выполняется в соответствии с СП 38.13330 и [11].

6.2 Селезадерживающие сооружения

6.2.1 Селезадерживающие сооружения, в зависимости от типа конструкции, должны аккумулировать сель полностью или его твердую составляющую, а в меженный и паводковый периоды должны обеспечивать транзит как взвешенных, так и донных наносов.

6.2.2 Выделяют следующие виды селезадерживающих сооружений:

- возвышающиеся над уровнем дна селевого русла (плотины, дамбы, запруды) и глубинные (котлованы-уловители, боковые площадки);
- одиночные и системные.

6.2.3 Селезадерживающие плотины, дамбы, запруды относятся к возвышающимся сооружениям и предназначены для остановки селя,

аккумуляции в верхнем бьефе его твердой составляющей и организованного сброса жидкой составляющей и бытового стока реки. Конструкции селезадерживающих плотин могут быть сплошными и сквозными, жесткими и гибкими.

6.2.4 Сплошные селезадерживающие сооружения служат для полного задержания селя и постепенного отведения жидкой составляющей через водоотводные сооружения.

6.2.5 Для спуска в нижний бьеф бытового стока реки и водной составляющей наносоводных селей, сплошные селезадерживающие сооружения должны проектироваться с водопропускными сооружениями без затворов. При этом сброс воды должен обеспечиваться при всех возможных уровнях заполнения верхнего бьефа наносами. Сбросной расход не должен превышать критического селеобразующего расхода, определяемого для участка ниже створа плотины.

6.2.6 Сплошные селезадерживающие сооружения рекомендуется выполнять из сборного или монолитного железобетона. Для предотвращения подмыва берегов, в центральной части необходимо предусматривать понижение отметки гребня плотины.

6.2.7 Для предотвращения размыва основания плотины при переливе селевого потока через гребень, в нижнем бьефе дамбы рекомендуется устраивать контрзапруду. Так же в теле плотины необходимо предусматривать дренажные отверстия для осушения селевых отложений.

6.2.8 Конструкции жестких и гибких сквозных селезадерживающих сооружений, служат для частичного задержания селевого потока, а именно твердой составляющей. Сооружения этого типа не требуют устройства специальных сооружений для пропуска водной составляющей селя, а также мелких фракций наносов в нижний бьеф.

6.2.9 Жесткие сквозные селезадерживающие сооружения могут быть представлены:

- стержневыми системами пространственного типа (например, из отдельных балок с отверстиями, собранных в равносторонние треугольники в разных параллельных плоскостях и скрепленных в единое сооружение путем вставки арматурного каркаса в отверстия балок с последующим омоноличиванием (рисунок 2));

- решетчатыми системами (например, из треугольных ферм, связанных между собой горизонтальными ригелями и тросами, заанкерованными в берега);

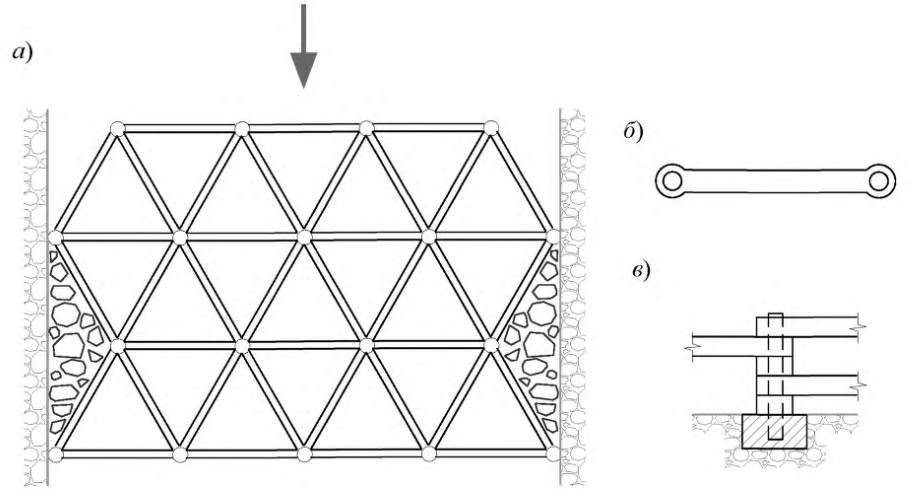
- комбинированными системами (например, с вертикальными или наклонными решетками, выполненными из параллельно расположенных горизонтальных металлических стержней, свободно входящих в опорные железобетонные береговые массивы (рисунок 3), или в случае широкого русла – промежуточные опоры);

- арочными системами (например, из блоков клинообразной формы предварительно обжатых по всей высоте (рисунок 4));

- системами дамб обвалования, не образующих селехранилищ (например, дамба обвалования, расположенная параллельно дороге выше по течению и выполняющая функцию торможения селя и задержания наносов крупных фракций перед дамбой (рисунок 5)).

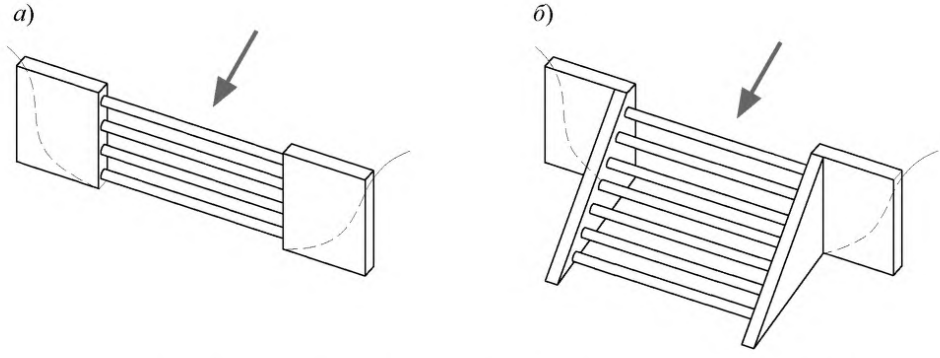
6.2.10 Гибкие селезадерживающие сооружения предназначены для улавливания твердых фракций селевого потока и гашения его энергии за счет упругопластических деформаций их конструкций.

6.2.11 Гибкие селезадерживающие сооружения целесообразно применять при сравнительно небольшой ширине селевого русла (обычно до 25 м). В зависимости от ширины и рельефа русла применяются сооружения с несущими канатами без стоек (с закреплением канатов анкерами на противоположных бортах русла), с несущими канатами и промежуточными и/или боковыми стойками (рисунок 6).



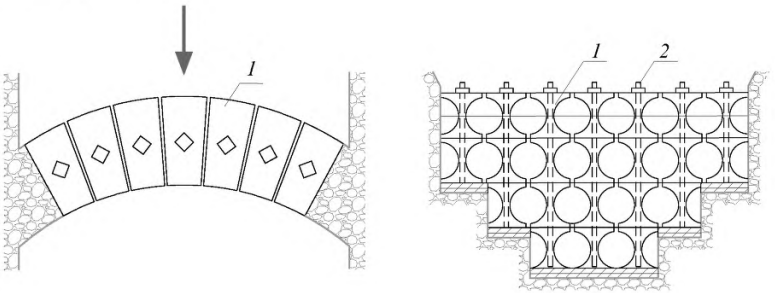
а – общий вид в плане; б – стержневой элемент; в – узел соединения элементов

Рисунок 2 – Жесткое сквозное селезащитное сооружение из стержневых элементов



а – с вертикальной решеткой; б – с наклонной решеткой

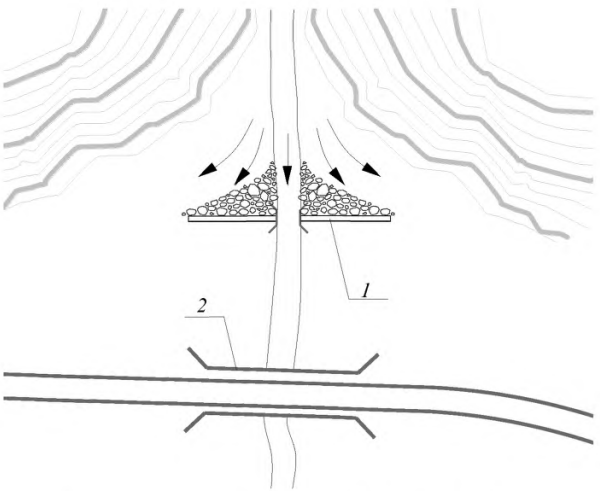
Рисунок 3 – Жесткое сквозное комбинированное селезащитное сооружение



а – план; *б* – общий вид

1 – клинообразный блок; 2 – вертикальный стальной стержень

Рисунок 4 – Жесткое сквозное арочное селезащитное сооружение



1 – наносозадерживающая дамба обвалования;

2 – мостовой переход через селевое русло

Рисунок 5 – Наносозадерживающая дамба обвалования

6.2.12 Основными элементами гибкого селезадерживающего сооружения являются:

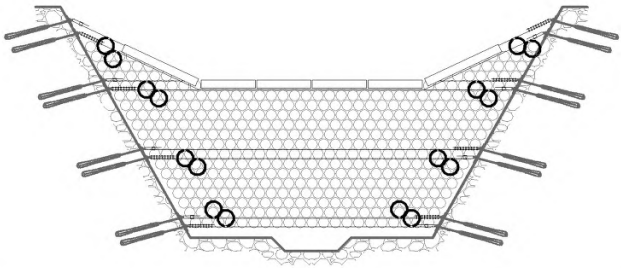
- улавливающая сетка – перехватывает твердые фракции селевого потока, претерпевая при этом упругие и/или пластические деформации;
- опорная конструкция – поддерживает в проектном положении улавливающую конструкцию, воспринимает и передает нагрузки на фундаменты; включает систему несущих канатов и стоек;
- соединительные и направляющие элементы, тормозные устройства;
- фундаменты – передают нагрузки от стоек и растяжек на естественное основание.

6.2.13 Гибкие селезадерживающие сооружения следует проектировать в соответствии с общими положениями по проектированию селезадерживающих сооружений. При проектировании гибких барьеров следует проверять прочность (несущую способность): улавливающей сетки, несущих тросов, фундаментов.

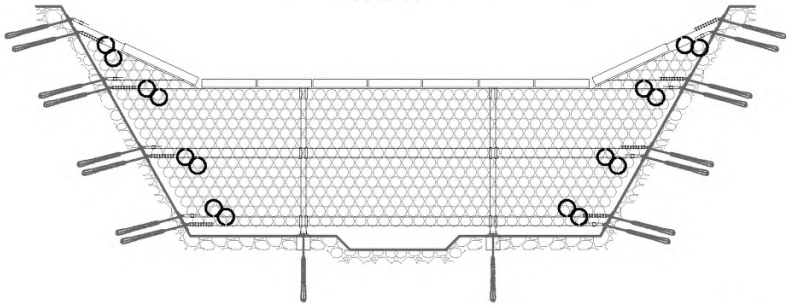
6.2.14 Учитывая значительное количество элементов в гибких селезадерживающих сооружениях, для разработки эффективных конструктивных решений рекомендуется проводить натурные испытания, корректируя расчетные модели по результатам испытаний. Также в ходе испытаний определяют фактические нагрузки, прикладываемые к фундаментам, и фактические перемещения отдельных элементов.

6.2.15 К глубинному типу сооружений относятся котлованы-уловители и боковые площадки (рисунки 7 и 8), предназначенные для разгрузки движущегося селевого потока от крупных камней за счет уменьшения скорости потока.

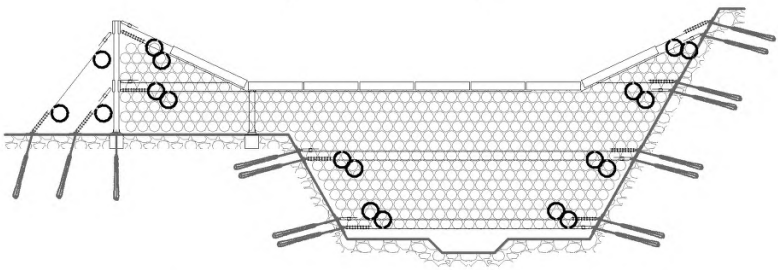
а)



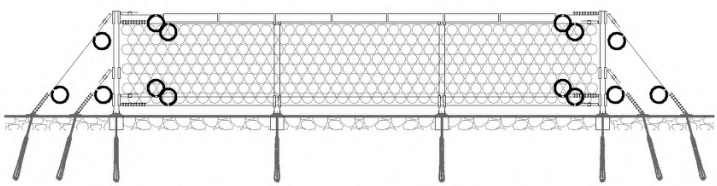
б)



в)



г)



а – узкое врезанное русло; *б* – широкое врезанное русло;

в – несимметричное русло; *г* – невыраженное русло

Рисунок 6 – Основные конструктивные схемы

гибких селезадерживающих сооружений

6.2.16 К глубинному типу сооружений относятся котлованы-уловители и боковые площадки (рисунки 7 и 8), предназначенные для разгрузки движущегося селевого потока от крупных камней за счет уменьшения скорости потока.

6.2.17 Котлованы-уловители представляют собой расширение и углубление русла. При проектировании котлованов-уловителей следует руководствоваться следующими положениями:

- продольная ось котлована должна быть продолжением продольной оси участка русла, расположенного выше по течению;

- уклон дна котлована рекомендуется уменьшать относительно уклона русла;

- откосы котлована рекомендуется назначать тройными;

- глубина должна назначаться исходя из объема расчетного селя и процентного содержания крупных наносов в селевой массе (наиболее приемлемая около 10 метров);

- при устройстве котлована на открытой местности вынимаемый грунт рекомендуется располагать в виде отвалов по его берегам;

- для более равномерного распределения селевой массы в котловане рекомендуется оставлять одну-две перемычки, расположенные перпендикулярно продольной оси котлована

- расчетной емкостью котлована необходимо считать емкость котлована ниже дневной поверхности. Емкость, создаваемая за счет обвалования, считают дополнительной.

- бытовые расходы рекомендуется отводить специальными обводными каналами.

6.2.18 Одиночно расположенные сооружения относятся к пассивному типу защиты; системы противоселевых сооружений, расположенные на относительно протяженном участке – к пассивному и активному, т. к. по мере их заполнения происходит уполаживание уклона русла.

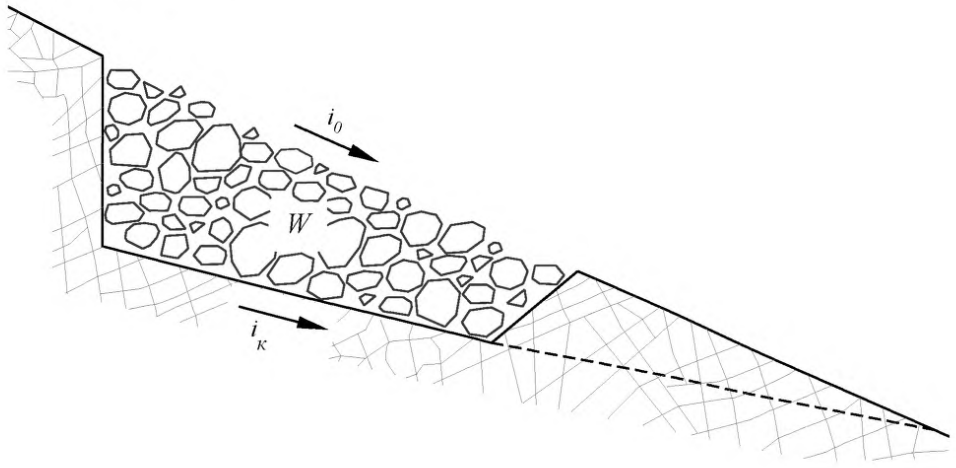
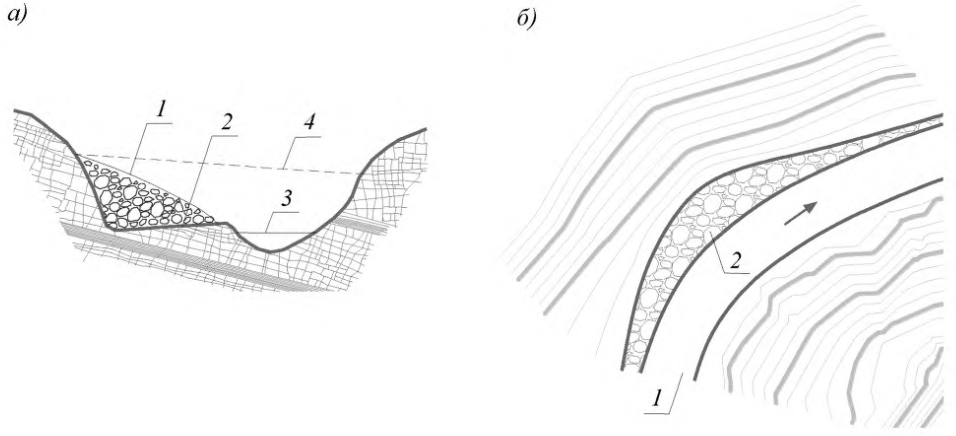


Рисунок 7 – Продольный разрез котлована-уловителя



а – поперечный профиль; *1* – селевые отложения;
2 – очертание боковой площадки до заполнения отложениями; *3* – горизонт водного паводка; *4* – селевой горизонт;
б – план; *1* – русло; *2* – площадка

Рисунок 8 – Боковая площадка

6.2.19 При расчете одиночных возвышающихся сооружений помимо основных видов расчётов, приведенных в 6.1.11, следует выполнять расчеты объема аккумуляционной емкости СП 116.13330 и пропускной способности дождевого паводка.

6.2.20 Объем аккумуляционной емкости $V_{a.e}$, м^3, определяют по формуле:

$$V_{a.e} = V_{max} - V_{сбр} + T \cdot V_{c.a}\ , \qquad (14)$$

где V_{max} – максимальный объем селевого потока в створе плотины м^3;

$V_{сбр}$ – объем селевого потока, сбрасываемый в нижний бьеф в процессе аккумуляции (вычисляют только для наносоводных селей), м^3;

T – время заиления селехранилища, принимаемое не менее 25 лет (при повторяемости селей менее 1 раза в 25 лет и обеспечении транзита бытового твердого стока принимают $T=0$);

$V_{c.a}$ – среднегодовой объем аккумулируемых в селехранилище наносов, м^3.

6.2.21 Максимальный объем селевого потока V_{max} принимают на основании результатов изысканий (см. подраздел 5.5) и требований региональных методик расчетов.

6.2.22 Расчет пропускной способности выполняется в зависимости от типа водоотводящих конструкций по соответствующим нормативным и справочным материалам.

6.2.23 Высоту селезадерживающих сооружений H_c, м, соответствующую расчетному объему селехранилища, определяют с учетом уравнительного уклона селевых отложений.

6.2.24 Уравнительный уклон селевых отложений $tg\alpha_y$ принимают по формуле:

$$\mathrm{tg}\alpha_y = (0{,}5 \div 0{,}7)\ \mathrm{tg}\alpha \le 0{,}2, \qquad (15)$$

где $\mathrm{tg}\alpha$ – уклон естественного русла.

Примечание – При определении высоты глухих селезадерживающих сооружений из грунтовых материалов уравнительный уклон отложений равен $tg\alpha_y = 0$.

6.2.25 Возвышение гребня сплошных селезадерживающих плотин из грунтовых материалов над расчетным уровнем, принимают не менее высоты последнего селевого вала, при максимальном расчетном расходе селя и среднем значении угла наклона участка перед селехранилищем.

Примечание – Для грязекаменных селей высота селевого вала у плотины принимается равной глубине селя у входа в селехранилище.

6.2.26 Расчетное давление селевого потока определяют по формулам, приведенным в подразделе 5.5 настоящего документа.

Примечание – Нагрузки на сквозные плотины следует принимать как на глухие.

6.2.27 При проектировании систем (каскадов) селезадерживающих сооружений, дополнительно, выполняют подбор расстояний между запрудами, как в зависимости от требуемого объема задержания селя, так и исходя из обеспечения гашения энергии потока.

6.2.28 Глубинные уловители не являются препятствием на пути следования селевого потока и поэтому не требуют статического и динамического расчета на давление и на удар селевой массы.

6.2.29 Проектирование глубинных уловителей сводят к выбору подходящих мест для их устройства, приданию им оптимальных линейных размеров (максимальная емкость при минимальных затратах) и обеспечения выпуска водных расходов.

6.2.30 При выборе места размещения боковых площадок руководствуются следующими принципами: площадку размещают рядом с селевым руслом на участке, где противоположный берег выше берега у выхода на площадку (особенно эффективно с наружной стороны поворота русла); высота площадки должна быть выше горизонтов паводков, но ниже горизонта селевых; продольный уклон площадки должен совпадать с направлением движения селя, поперечный – увеличиваться к наружному краю.

6.2.31 Проектом, для всех типов селезадерживающих сооружений, предусматривают возможность восстановления объема аккумуляционной емкости, путем наращивания плотины или очистки селехранилища.

6.3 Селепропускные сооружения

6.3.1 Селепропускные сооружения предназначены для транзита селевых потоков под или над защищаемым объектом. Этот тип сооружений рекомендуется применять в том случае, если остановить селевой поток до подхода к защищаемому объекту не представляется возможным.

6.3.2 Селепропускные сооружения, по расположению относительно автомобильной дороги, подразделяются на:

- верховые (селеспуски);
- низовые (мосты, эстакады).

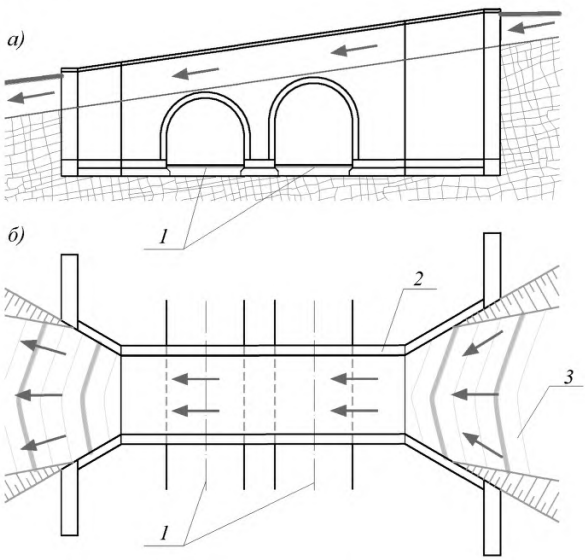
6.3.3 Селеспуск рекомендуется выполнять в узких и крутых ущельях и на других участках, где рельеф местности позволяет устроить продолжение селевого русла над автомобильной дорогой (рисунок 9);

6.3.4 Эстакады и мосты – рекомендуется выполнять в местах возможного прохода мощных селевых потоков, а также где русло селеносного водотока находится ниже уровня автомобильной дороги и позволяет осуществить пропуск селей под защищаемым объектом. Технически наилучшим решением является устройство однопролетного моста. При необходимости устройства опор в русле, им придают обтекаемые формы.

6.3.5 Применение труб для пропуска селевых потоков не допускается.

6.3.6 Облицовка селепропускных сооружений должна хорошо сопротивляться истиранию. Рекомендуется применять конструкции сооружений, позволяющие легко сменять облицовочные части (например, бетонные или железобетонные покрытия).

Примечание – Несущие конструкции селеспуска не должны соприкасаться с селевой массой.



а – общий вид; *б* – план;

1 – автомобильная дорога; *2* – селеспуск; *3* – селевое русло

Рисунок 9 – Селеспуск над автомобильной дорогой

6.3.7 Селепропускные сооружения для пропуска грязекаменных селевых потоков применяются при наличии следующих условий:

- в пределах сооружения не происходит распад расчетного селевого потока, т. е. продольный уклон сооружения обеспечивает транзит селевой массы;

- в пределах сооружения не происходит остановка расчетного селевого потока (глубина слоя отложений не превышает 0,5 м).

6.3.8 Основным условием беззаторного пропуска селя является сочетание трех факторов:

- равенство максимальной ширины потока на подходном участке и ширины селепропускного сооружения;

- отсутствие препятствий на подходе, выходе и в самом сооружении;

- достаточного (для транзитного движения) продольного уклона.

6.3.9 После прохождения селя через селепропускное сооружение, подход к нему и выход за ним очищают. Очистку необходимо выполнять до затвердевания селевой массы.

6.3.10 Стеснение потока в селепропускном сооружении по ширине допускается только при устройстве сужающих направляющих стенок и соблюдении условия:

$$\omega_n \leq \omega_c, \tag{16}$$

где ω_n – площадь живого сечения селя на подходном участке, м^2;

ω_c – площадь живого сечения селя в селепропускном сооружении, м^2.

6.3.11 Стеснение потока в селепропускном сооружении по высоте не допускается.

6.3.12 При переходе автомобильной дорогой мощного, постоянно растущего селевого конуса необходимо рассматривать вариант прохода селеопасных мест тоннелем.

6.3.13 Мосты, пересекающие селевые русла, рекомендуется располагать на прямолинейных в плане участках с постоянным уклоном русла (по 200 м выше и ниже сооружения).

6.3.14 Пропуск под мостами селевых потоков с плотностью менее 1200 кг/м^3 рекомендуется рассчитывать по обычным гидравлическим формулам для расчета водослива с широким порогом. При плотности более 1200 кг/м^3 величина мостового пролета принимается не менее средней ширины селевого потока на подходе к сооружению, а пропускная способность рассчитывается, как для селепропускных каналов по методике, приведенной в [10].

6.3.15 Размеры селепропускных сооружений, включая входные участки и отводящий тракт, следует назначать из условия обеспечения необходимой транспортирующей способности потока, при этом:

- уклон дна селепропускного сооружения должен обеспечивать транзит селевой массы, его рекомендуется принимать не менее среднего уклона

подходного участка селевого русла (длина участка принимается равной не менее 20 ширин селевого потока);

- ширина селепропускного сооружения, как правило, принимается равной средней ширине селевого потока на подходном участке селевого русла;

- продольную ось селепропускного сооружения необходимо совмещать с динамической осью селевого потока; при необходимости поворота сооружения радиус кривой вписанной в угол поворота должен быть рассчитан таким образом, чтобы поток продолжал свое движение в регулируемом русле, не допуская излишней денивеляции уровня потока;

- возвышение стен (перекрытий) селепропускного сооружения над максимальным уровнем селевого потока следует принимать равным $0{,}2H_{max}$, где H_{max} – максимальная глубина селевого потока, но не менее 1 м – для лотков и не менее 0,5 м – для каналов.

6.3.16 Входной участок селепропускных сооружений рекомендуется ориентировать в плане так, чтобы сопряжение стен входного оголовка со стенами канала селеспуска было плавным. Возвышение стен над максимальным уровнем селевого потока на входных участках рекомендуется принимать не менее $0{,}5H_{max}$. Таким образом, потоку задают определенное направление и скорость.

6.3.17 Размеры селепропускных сооружений назначают исходя из максимальных линейных размеров потока расчетной обеспеченности (глубины H и ширины B), определенных в створе на подходном участке русла.

6.3.18 Глубина и скорость движения грязекаменного селевого потока при прохождении его по селепропускному сооружению определяется в соответствии с [10], как при движении его по естественному селевому руслу.

6.3.19 Концевой участок доводят до основной реки или участка, где накопление селевых выносов не причинит ущерба.

6.3.20 При пропуске наносоводных селевых потоков, на концевом участке сооружения рекомендуют устраивать на глубину воронки размыва зуб или крепление, для которого скорости потока будут нетранстпортирующими.

6.3.21 Длину участка крепления концевого участка $l_к$ м, рекомендуется определять по формуле:

$$l_к = 6h(1{,}2q^2/g)^{1/3}, \quad (17)$$

где h – высота перепада за сооружениями; при отсутствии перепада принимается равным 0,5, м;

q – удельный расход в селепропускном сооружении, м^3/с;

g – ускорение силы тяжести, равное 9,81, м^3/с.

А толщину крепления – равной трем диаметрам камня.

6.4 Селенаправляющие сооружения

6.4.1 Селенаправляющие (селеотбойные) сооружения предназначены для направления потока селепропускное сооружение, а также для предотвращения подмыва защищаемой территории.

6.4.2 К этому типу сооружений относят направляющие и ограждающие дамбы, одевающие панели, шпоры.

6.4.3 Направляющие дамбы ограничивают подводящий участок русла и плавно сужают ширину поймы или лога до ширины селепровода.

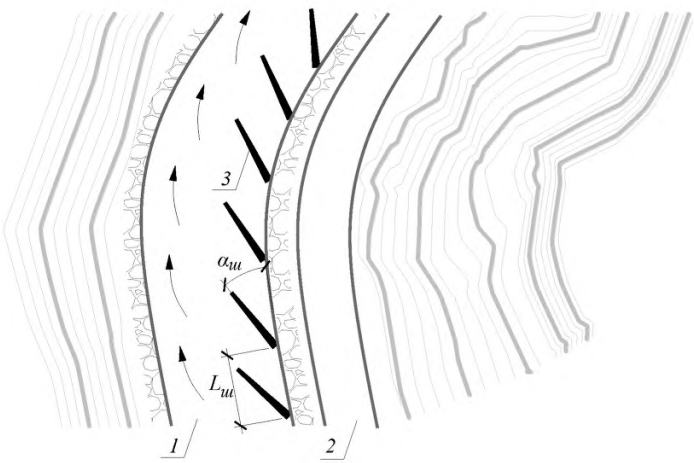
6.4.4 Ограждающие дамбы «собирают» поток и не дают ему растекаться, тем самым защищая территорию от затопления.

6.4.5 Одевающие панели и шпоры выполняют функцию защиты берегов от размыва, путем укрепления легко эродируемых бортов более прочными материалами или отбрасыванием потока от защищаемой территории (рисунок 10). Шпоры глухой или сквозной конструкции, рекомендуется применять при достаточной ширине поймы для односторонней защиты берегов от размыва наносоводными селями.

6.4.6 При выборе конструкции селенаправляющей дамбы необходимо исходить из особенностей рельефа, наличия местных строительных материалов, расходов и скоростей селевого потока, количества и размеров крупных каменей. Наиболее распространённые типы конструкций дамб:

- из каменной наброски с облицовкой напорного откоса кладкой на растворе;
- из габионов;
- дамба (железобетонная или из бутовой кладки) в виде подпорной стенки.

Примечание – С противоположной стороны напорного откоса дамбы производится отсыпка грунта.



1 – селевое русло; *2* – защищаемая автомобильная дорога; *3* – шпоры

Рисунок 10 – Схема размещения шпор

6.4.7 При сопряжении русла с конструкциями, посредством селенаправляющих сооружений должен быть обеспечен беспрепятственный

пропуск расчетных селевых потоков, т. е. исключена возможность образования заторов и русловых переформирований.

6.4.8 Угол поворота оси сооружения необходимо задавать по радиусу вписанной в данный угол кривой, в зависимости от заданного скоростного режима. Радиус кривой должен быть рассчитан, таким образом, чтобы денивеляция потока при движении в зарегулированном русле не превышала расчетную.

6.4.9 Длина селенаправляющего сооружения определяется заданным радиусом закругления и отношением ширины русла к ширине селепропускной конструкции.

6.4.10 Между регуляционными подводящими сооружениями и входными элементами селепропускного сооружения, в пределах дальнейшего движения селей через селепропускное сооружение и на выходном участке, не должно быть выступов, западин, несовпадения граней различных сооружений и других препятствий.

6.4.11 Напорные откосы направляющих и ограждающих дамб рекомендуется крепить облицовкой из сборного или монолитного железобетона по гравийной подготовке. Выпуски арматуры плит должны быть сварены и омоноличины. Толщина крепления принимается по таблице 4.

Таблица 4 – Толщина облицовки селенаправляющих сооружений

Скорость селя v_c, м/с	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	7,0	10,0
Толщина облицовки из монолитного ж/б $\delta_б$, м	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,70	1,00
Толщина облицовки из сборных ж/б плит $\delta_п$, м	0,15	0,18	0,20	0,25	0,28	0,30	0,35	0,50	0,70

6.4.12 Для предотвращения возможных деформаций селенаправляющей конструкции из-за продольного размыва дна у сооружения, низ облицовки в

виде зуба рекомендуется заглублять на величину размыва с засыпкой пазухи выемки крупным камнем.

6.4.13 Расстояние между шпорами $L_ш$, их длина и угол поворота $\alpha_ш$ по направлению движения селевого потока назначаются в соответствии с [11] и другим нормативным документам.

6.5 Селестабилизирующие сооружения

6.5.1 Селестабилизирующие сооружения предназначены для предупреждения возникновения или развития селевых потоков путем уменьшения эродирующей способности (скорости) водного потока и исключения переформирования его в мощный сель.

6.5.2 Стабилизирующие сооружения по месту расположения могут быть русловыми (поперечные подпорные стены, системы запруд) и склоновыми (террасы-каналы, нагорные каналы, дренажи).

6.5.3 Поперечные подпорные стены (пороги) выполняют в виде стен, расположенных по ширине русла и опущенных на всю высоту в грунт. Этот тип сооружений применяют для повышения механической устойчивости потенциально опасных селевых массивов рыхлообломочных грунтов.

6.5.4 Запруды представляют собой выступающие над дном русла конструкции, расположенные перпендикулярно потоку. Переливаясь через гребень запруды, селевой поток расходует часть энергии, транспортирующая способность снижается, что способствует осаждению крупных каменных материалов. Конструкции запруд могут быть выполнены из каменной кладки, сборного или монолитного железобетона. Для обеспечения упругого удара селевой волны о напорную грань запруды рекомендуется с верховой стороны устраивать амортизационную засыпку из песка или гравия с заложением, соответствующим углу естественного откоса.

6.5.5 Ступенчатое террасирование склона представляет собой расположенные поперек склона с определенным шагом террасы. Этот вид селестабилизирующих мероприятий следует применять для борьбы с

эрозией, уменьшения объема дождевого стока, а также стабилизации склона. Террасы могут быть выполнены с валами и без них.

6.5.6 Дренажные устройства выполняют функцию осушения потенциальных источников подпитки селевого потока.

6.5.7 Русловые стабилизирующие сооружения предусматривают в виде систем запруд (рисунок 11) охватывающих все участки русел бассейна, в которых возможно образование селевых потоков.

6.5.8 Верхнюю границу стабилизации русел определяют местоположением створа, выше которого расход ливневого не превышает критический селеобразующий расход.

6.5.9 Нижнюю границу стабилизации русел определяют величиной уклона i = 0,02, при которой селевые потоки уже не образуются.

6.5.10 Стабилизирующие сооружения рассчитывают на пропуск дождевого паводка с вероятностью превышения 2 %.

6.5.11 Запруды рассчитывают на прочность и устойчивость как подпорные стены с учетом гидростатического и фильтрационного давлений воды и отложившихся наносов.

6.5.12 Расстояние между запрудами по горизонтали L м, определяют по формуле:

$$L = H_з/(\mathrm{tg}\alpha - \mathrm{tg}\alpha_y), \qquad (18)$$

где $H_з$ – высота запруды над дном русла, м;

$\mathrm{tg}\alpha$ – естественный уклон русла перед запрудой;

$\mathrm{tg}\alpha_y$ – уравнительный уклон отложений перед запрудой (см. 6.2.23).

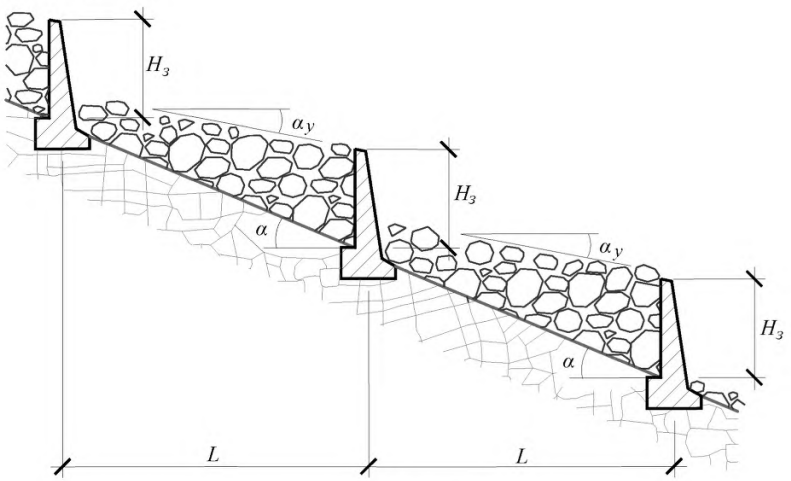


Рисунок 11 – Схема расположения стабилизирующих запруд на продольном профиле селевого русла

6.5.13 При возведении запруд на нескальном основании для предотвращения подмыва сооружения рекомендуют устройство в нижнем бьефе контрзапруды высотой $0{,}25H_з$ на расстоянии $2H_з$ от основной запруды ($H_з$ – высота основной запруды над дном русла, м). Запруду и контрзапруду соединяют между собой продольными стенками.

6.5.14 Заглубление селестабилизирующих запруд сооружений в борта и основание выполняют на 1,5÷2,0 м (для основной запруды) и 1,0÷1,5 м (для контрзапруды).

6.5.15 Допускают вместо устройства контрзапруды, крепление нижнего бьефа камнем (в три слоя), по отношению к которому скорости потока при пропуске расчетного ливневого паводка являются неразмывающими. Длина крепления рассчитывается в соответствии с 6.3.21.

6.5.16 Для предотвращения подмыва бортов сооружения пропуск паводков через гребень запруды необходимо производить по специальному водосливному углублению, ширина которого обусловливается шириной

пойменной части реки, а глубина – требованием пропуска расчетного дождевого паводка. Отверстия для выпуска воды в теле запруды располагают в пределах горизонтальной проекции водосливного углубления.

6.6 Селепредотвращающие сооружения

6.6.1 Селепредотвращающие сооружения предназначены для предупреждения возникновения селевых потоков путем регулирования величины расхода дождевого или гляциального паводка. Объем селеобразующего паводка аккумулируется в верхнем бьефе селепредотвращающего сооружения и затем постепенно срабатывается в нижний бьеф, с величиной расхода не превышающей селеобразующего.

6.6.2 Селепредотвращающие сооружения рекомендуется применять в условиях, когда очаг образования дождевого или гляциального селя находится ниже очага формирования селеобразующего паводка.

6.6.3 Основными видами селепредотвращающих сооружений являются плотины и водосборы.

Плотины следует устраивать на участке, где рельеф между зонами образования водной составляющей и селевыми очагами, позволяет создать регулирующую емкость.

Водосбросы следует устраивать для предотвращения образования селевого потока вследствие прорыва озер. Тип водосброса (траншейный, сифонный, туннельный и др.) определяется строительными условиями и характером озерной перемычки.

6.6.4 Плотина должна быть оборудована выпуском воды, обеспечивающим автоматическое опорожнение регулирующей емкости с расходом, не превышающим селеобразующий, а также катастрофическим водосбросом.

6.6.5 Требуемую вместимость регулирующей емкости следует определять объемом паводка с вероятностью превышения 1 % за вычетом объемов, сбрасываемых в нижний бьеф в период аккумуляции этого паводка.

6.6.6 Водосбросы рассчитывают на расход с вероятностью превышения 2 %.

6.6.7 При проектировании плотин следует выполнять следующие основные расчеты:

- напряжений и деформаций;
- осадок тела плотины и основания;
- горизонтальных смещений;
- креплений откосов на прочность от действия волн, льда и др.

А также дополнительные виды расчетов, приведенные для грунтовых плотин в СП 39.13330 и для плотин из бетона и железобетона в СП 40.13330.

6.6.8 Расчеты плотин, их оснований и отдельных элементов на прочность и устойчивость должны производиться для наиболее неблагоприятных расчетных случаев эксплуатационного и строительного периодов с учетом последовательности возведения и нагружения плотины.

7 Строительство противоселевых сооружений

7.1 Строительство противоселевых сооружений (плотин, мостов, дамб, подпорных стен и т. д.) следует выполнять в соответствии с положениями нормативных документов в области гидротехнического строительства и мостостроения (СП 35.13330, СП 39.13330, СП 40.13330, СП 58.13330 и др.).

7.2 Технология и состав работ по возведению противоселевых сооружений определяется с учетом:

- вида противоселевого сооружения;
- топографических, геолого-геоморфологических и других условий района строительства;
- наличия местных строительных материалов;
- сроков строительства.

7.3 Строительство противоселевых сооружений включает подготовительный, основной и заключительный этапы работ.

Подготовительный этап включает работы по предварительной подготовке площадки строительства и ее инженерное оснащение. К работам по предварительной подготовке строительной площадки относится:

- создание геодезической разбивочной основы;
- устройство заборов, шлагбаумов;
- расчистка территории от селевых накоплений;
- срезка растительности;
- изменение рельефа прилегающей территории;
- осушение заболоченных участков;
- доставка необходимых материалов и оборудования.

Инженерное оснащение площадки строительства предполагает:

- планировочные работы;
- устройство подъездных путей;
- оснащение мероприятиями по отводу грунтовых и техногенных вод, снегозадержанию, противопожарных мероприятий;
- прокладку сетей тепло и электроснабжения;

- устройство монтажных площадок, складских помещений.

Основной этап включает производство земляных и строительно-монтажных работ. В состав основных земляных работ для строительства противоселевых сооружений, как правило, входит:

- срезка растительного слоя грунта;
- разработка грунта (в котловане, траншее и т. д.);
- уплотнение грунтового основания; отсыпка грунтового материала;
- заложение откосов противоселевых сооружений и т. д.

Строительно-монтажные работы включают:

- устройство каркаса фундамента, стен, откосов и т. д.;
- бетонирование элементов и конструкций сооружений;
- крепление откосов, гребня и т. д.

Если проектом предусмотрено возведение дренажных устройств, то их строительство, как правило, осуществляется открытым траншейным или бестраншейным способом, при этом к основным работам относится:

- устройство траншей на заданную глубину с проектным уклоном;
- укладка дренажных устройств;
- устройство фильтрующей отсыпки;
- первичная присыпка дренажных устройств и ее уплотнение.

При строительстве противоселевых гибких барьеров выполняется:

- устройство основания из грунтовых анкеров;
- натяжение между анкерами специальных канатов;
- монтаж сети, как правило, кольчужного плетения из высокопрочной стали;
- устройство металлических уголков на верхнем канате.

На заключительном этапе строительства, как правило, осуществляется обратная засыпка, рекультивация растительного слоя и ее планировка, строительство смотровых станций, диспетчерских пунктов, зданий для обслуживающего персонала и т. д.

7.4 Мероприятия по агролесомелиоративным работам можно отнести, как к основным средствам противоселевой защиты, так и второстепенным, выполняемым в комбинации с другими противоселевыми сооружениями.

Технология агролесомелиоративных работ предусматривает проведение:

- маркировки площади с обозначением направления рядов;
- подвозку посадочного материала;
- механизированную посадку с временной прикопкой, подготовкой к посадке и подноской посадочного материала;
- послепосадочного боронования почвы;
- дополнительных посадок вместо погибших насаждений в размере 20 % от общего количества потребного посадочного материала с временной прикопкой и подготовкой к посадке.

За насаждениями необходим регулярный уход в течение не менее четырех лет, который должен включать:

- десятикратную культивацию междурядий и закраек с одновременным прерывистым бороздованием;
- десятикратный ручной уход в рядах лесокультур на 30 % площади;
- обрезку боковых побегов на штамбах;
- посадку кустарника «на пень» с целью лучшего его кущения из расчета 50 % во второй год роста и 50 % в 4-й год роста;
- ежегодную борьбу с вредителями и болезнями путем опрыскивания культур раствором в течение четырех лет;
- осеннюю перепашку междурядий и закраек на глубину 200 мм.

7.5 Строительство противоселевых сооружений должно выполняться организациями, имеющими соответствующие разрешения на выполнение данных работ, специализированным штатом сотрудников и необходимыми строительными средствами.

7.6 Доступ на строительную площадку и возводимое противоселевое сооружение должен быть обеспечен органам государственного строительного надзора, авторскому надзору за строительством,

представителям заказчика и органам местного самоуправления, а также специалистам, осуществляющим геотехнический мониторинг строительного объекта.

7.7 Строительство противоселевых сооружений рекомендуется по возможности выполнять в периоды, характеризуемые наименьшим выпадением климатических осадков в целях снижения вероятности схождения селевого потока, способного нарушить процесс строительного производства.

7.8 Возведение селеудерживающих сооружений (плотин, дамб и т. д.) в русле селеносной реки рекомендуется осуществлять в межевой период при этом обеспеченность пропуска строительных расходов должна составлять не менее 10 %.

7.9 Возведение систем стабилизирующих запруд необходимо начинать с самого верхнего по течению участка.

7.10 При строительстве противоселевых сооружений на автомобильных дорогах необходимо обеспечивать сохранность существующих дорожных сооружений (дорожного покрытия, водоотводных лотков, труб и т. д.), зданий и сооружений окружающей застройки.

7.11 В тех случаях, когда строительство осуществляется на территории, подверженной воздействию иных неблагоприятных природных явлений (лавины, оползни, обвалы, подтопление и т. д.), до начала выполнения строительных работ по специальным проектам выполняют первоочередные мероприятия и работы по защите территории от указанных процессов. Строительные работы не должны влиять на состояние прилегающей геологической среды, зданий и сооружений окружающей застройки, а также активизацию оползневых и обвальных процессов. Во избежание развития эрозионных процессов на прилегающих склонах и откосах, вызванными стекающими ливневыми водами, перед началом строительства должны быть осуществлены соответствующие водоотводные мероприятия.

7.12 В период строительства противоселевых сооружений необходимо устанавливать специальный режим эксплуатации автомобильной дороги, регулируемый системой стационарных наблюдений (геотехническим мониторингом) и ограничивающим проезд транспортных средств в случае угрозы возникновения опасных процессов (сели, обвалы, оползни и т. д.) с помощью светофоров или иных сигнальных предупредительных устройств.

7.13 На участках расположения инженерных сетей и сооружений земляные работы следует производить с соблюдением требований, установленных министерствами и ведомствами, эксплуатирующими указанные объекты.

7.14 При возведении противоселевых сооружений должны осуществляться мероприятия, обеспечивающие предотвращение в процессе строительства изменений, принятые в расчетах прочностных, деформационных и фильтрационных характеристик грунтов основания за счет выветривания, разуплотнения и разжижения грунтов.

7.15 При строительстве противоселевых сооружений не допускается использование строительных и иных материалов, которые могут нанести экологический ущерб окружающей среде.

7.16 Строительство противоселевых сооружений должно производиться согласно требованиям техники безопасности, предусмотренным в проекте производства работ и нормативным документам [12, 13], ведомственными правилами техники безопасности и производственной санитарии.

8 Стационарные наблюдения (мониторинг)

8.1 На селеопасных участках автомобильных дорог в составе противоселевых организационно-технических мероприятий следует предусматривать выполнение стационарных наблюдений (мониторинга).

8.2 Под стационарными наблюдениями (мониторингом) понимается система наблюдения, контроля, прогнозирования и оповещения, реализуемая в целях обеспечения безаварийной эксплуатации селеопасных участков автомобильных дорог.

8.3 Для выполнения стационарных наблюдений (мониторинга) составляется программа работ, в которой отражаются методы наблюдения и контроля, указываются значения параметров, принятых в качестве нормальных (допустимых, критических), а также требуемая точность измерений.

8.4 Выполнение стационарных наблюдений (мониторинга) следует предусматривать путем создания балансодержателем службы наблюдения и оповещения или с привлечением специализированных организаций.

8.5 Проведение стационарных наблюдений (мониторинга) селеопасных участков автомобильных дорог следует предусматривать:

- до начала, в период проведения и в течение трех лет после окончания реализации мероприятий инженерной защиты;
- в случае невозможности или нецелесообразности реализации средств инженерной защиты;
- в качестве средства повышения безопасности при эксплуатации.

8.6 Основными задачами стационарных наблюдений (мониторинга) являются:

- контроль состояния селевых бассейнов и средств инженерной защиты;
- раннее обнаружение селевых потоков;
- фиксация параметров селевых потоков;
- прогнозирование селевой активности.

Контроль состояния селевых бассейнов и средств инженерной защиты следует выполнять на всех селеопасных участках автомобильных дорог. Ранее обнаружение селевых потоков, фиксацию параметров селевых потоков, а также прогнозирование селевой активности следует выполнять для наиболее крупных и опасных участков.

8.7 Контроль состояния селевых бассейнов и средств инженерной защиты позволяет:

- оценивать эффективность противоселевых мероприятий;
- своевременно выявлять отклонения от проектных параметров в строящихся или эксплуатируемых сооружениях;
- повышать достоверность прогнозирования селевой активности (см. 8.15);
- сопоставлять прогнозные и фактические нагрузки, параметры напряженно-деформированного состояния конструкций с расчетными значениями;
- своевременно определять необходимость проведения мероприятий по обслуживанию, текущему и капитальному ремонту, реконструкции средств инженерной защиты.

8.8 В качестве основных методов контроля состояния селевых бассейнов следует применять регулярные визуальные обследования. При визуальных наблюдениях селевых бассейнов следует отмечать общее состоянии русла, естественных озер и запруд, динамику развития эрозионных процессов, объемы накопленного селеформирующего материала и т. п. Визуальные обследования селевых бассейнов следует выполнять в соответствии с [14].

8.9 В качестве основных методов контроля состояния средств инженерной защиты следует применять регулярные визуальные обследования, а также геодезические измерения (см. ГОСТ 31937). При визуальных наблюдениях средств инженерной защиты следует отмечать деформации сооружений, заиление и зарастание водотоков, закупорку лотков, перелив селевой массы через сооружения инженерной защиты и др.

При необходимости дополнительно следует предусматривать установку датчиков, фиксирующих изменение напряженно-деформированного состояния, планово-высотного положения конструкций (датчики напряжения в арматуре и бетоне, датчики давления грунта, системы контроля осадки сооружения, наклономеры и др.), а в случае сложной геотехнической обстановки – также оборудование мониторинга состояния естественного основания (инклинометрические скважины, скважины измерения уровня грунтовых вод и др.).

8.10 Периодичность контроля состояния селевых бассейнов и средств инженерной защиты следует назначать с учетом активности селеопасного участка, но не менее четырех раз в год (как правило, после весеннего снеготаяния, в середине лета, в начале осени и перед формированием устойчивого снежного покрова). Кроме того, внеочередные наблюдения необходимо проводить после прохождения селей, паводков, землетрясений силой выше 5 баллов, а также после проведения работ, связанных с изменениям рельефа и растительного покрова в селевых бассейнах.

8.11 Раннее обнаружение селевых потоков позволяет заблаговременно информировать участников дорожного движения о приближении селевого потока и приостановить движение на потенциально опасном участке автомобильной дороги.

8.12 В качестве средств раннего обнаружения селевых потоков следует применять системы датчиков, автоматически фиксирующих возникновение селевой волны в контрольных створах селевого русла. Контрольные створы следует располагать с учетом:

- требуемого времени выполнения организационно-технических противоселевых мероприятий;
- возможности достоверного обнаружения селевого потока в створе;
- расположения характерных участков селевого бассейна (на участке слияния аккумулирующих дождевые паводки балок, на запрудах ледниковых озер и пр.) и сооружений инженерной защиты.

8.13 Фиксация параметров селевых потоков позволяет:

- оценивать эффективность противоселевых мероприятий;

- сопоставлять прогнозные и фактические параметры селевых потоков с расчетными значениями;

- накапливать фактические данные в целях изучения и прогнозирования селевой активности.

8.14 В качестве средств фиксации параметров селевых потоков следует предусматривать системы датчиков, автоматически фиксирующих глубину, ширину и объем селевого потока, скорость его движения и изменение расхода во времени.

8.15 Прогнозирование селевой активности позволяет:

- заблаговременно информировать участников дорожного движения о возникновении селевой опасности, при необходимости рекомендовать альтернативные маршруты в объезд селеопасного участка;

- приводить эксплуатационные службы в состояние повышенной готовности;

- при необходимости приостанавливать производство строительно-монтажных, изыскательских, эксплуатационных и других видов работ на потенциально опасных участках и т. п.

8.16 Прогнозирование селевой активности следует выполнять на основании:

- результатов визуальных наблюдений селевых;

- метеорологических данных (метеорологических прогнозов, показаний наземных и спутниковых погодных радаров, фактических метеоданных, получаемых метеорологическими станциями);

- материалов инженерных изысканий и специальных исследований, архивных данных.

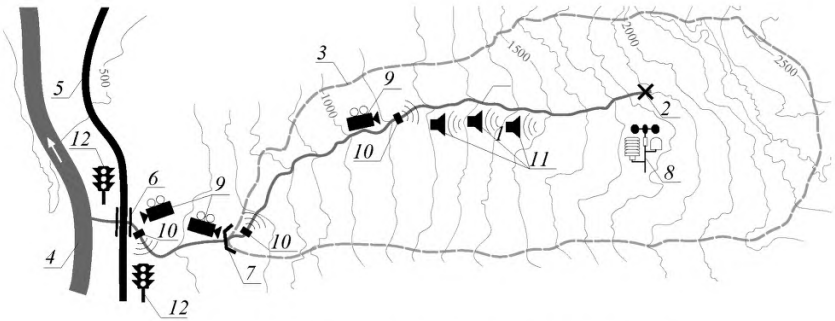
8.17 В качестве основного метода прогнозирования селевой активности следует применять проверку превышения контролируемыми метеорологическими параметрами граничных значений. Граничные

значения, превышение которых может инициировать селеформирование (суммы количества осадков, и/или суммы средних суточных температур за фиксированный период в зависимости от механизма селеформирования), назначаются на основе данных многолетних наблюдений за селевыми процессами на участке.

8.18 Стационарные наблюдения (мониторинг) на селеопасных участках рекомендуется осуществлять непрерывно, с применением автоматизированных систем. Основные виды оборудования в составе автоматизированных систем рекомендуется принимать в соответствии с таблицей 5. Пример схемы расположения оборудования на селеопасном участке представлен на рисунке 12.

Таблица 5 – Основные виды оборудования автоматизированной системы мониторинга

Наименование оборудования	Область применения			
	прогнозирование селевой активности	раннее обнаружение селевых потоков	фиксация параметров селевых потоков	контроль технического состояния средств инженерной защиты
Метеорологические станции	+	–	–	–
Цифровые видеокамеры	–	+	+	+
Ультразвуковые, инфракрасные и лазерные датчики, радары	–	+	+	–
Геофоны и сейсмометры	–	+	+	–
Струнные растяжки	–	+	–	–
Датчики тормозных устройств	–	+	–	+



1 – селевое русло; *2* – участок возникновения селей;
3 – водосбор селевого бассейна; *4* – река; 5 – автомобильная дорога;
6 – мостовой переход; 7 – селеудерживающее сооружение;
8 – метеорологическая станция; 9 – цифровая видеокамера;
10 – ультразвуковой датчик; 11 – геофон; 12 – светофорная сигнализация

Рисунок 12 – Схема расположения оборудования на участке мониторинга

8.19 Метеорологические станции следует предусматривать для прогнозирования селевой активности. Количество и расположение метеостанций следует назначать в зависимости от размеров и особенностей рельефа селевого бассейна. Как правило, на один селевой бассейн следует предусматривать от одной до трех метеорологических станций, располагая их в зоне питания селей. Минимальные требования к измерительному оборудованию метеорологических станций представлены в таблице 6. При необходимости дополнительно следует предусматривать датчики влажности воздуха и почвы.

8.20 Цифровые видеокамеры следует предусматривать в характерных участках селевого русла в целях обеспечения удаленного визуального наблюдения селеопасного участка, автоматизированного обнаружения селевого потока и мониторинга сооружений инженерной защиты. Визуальные наблюдения рекомендуется выполнять с применением цифровых видеокамер с разрешением не менее 1280x720 при скорости съемки не менее

120 кадров/с. В целях автоматического обнаружения селевого потока в темное время суток рекомендуются к применению инфракрасные камеры с разрешением не менее 320х240 при скорости съемки не менее 60 кадров/с, чувствительностью не менее 0,1°С и диапазоном фиксируемой температуры не менее от минус 20°С до плюс 650°С. Режим записи следует предусматривать непрерывным или с активированием при срабатывании датчиков движения.

Таблица 6 – Минимальные требования к измерительному оборудованию метеорологических станций

Наименование оборудования	Измеряемый параметр, единица измерения	Диапазон измерений, не менее	Точность измерений, не хуже	Примечания
Термометр	температура, °С	минус 30°С ÷ плюс 60°С	±0,25°С	точность указана для диапазона измерений минус 20°С ÷ плюс 50°С
Плювиометр	количество осадков, мм	0 ÷ 300 мм/ч	±0,5 мм	диапазон рабочей температуры не менее 0°С ÷ плюс 60°С; следует монтировать на открытом участке, на высоте не менее 2 м от поверхности земли
Анемометр	скорость ветра, м/с	0 ÷ 60 м/с	–	диапазон рабочей температуры не менее минус 30°С ÷ плюс 60°С
	направление ветра, градусы	0° ÷ 359°	–	–

8.21 Ультразвуковые, инфракрасные и лазерные датчики, радары следует применять для раннего обнаружения селей и оповещения об их приближении к защищаемым объектам, а также в целях изучения и прогнозирования селевой активности. Общим принципом их действия является обнаружение селевого потока и измерение его глубины. Принцип размещения основан на характерном для селевых русел резком возрастании расхода и, соответственно, горизонта селевого потока по сравнению с обычным уровнем воды в русле. Как правило, датчики размещаются на

растяжках непосредственно над селевым руслом или на его устойчивых берегах.

8.22 Геофоны и сейсмометры следует применять для раннего обнаружения селей и оповещения об их приближении к защищаемым объектам. Принцип действия указанной группы оборудования основан на регистрация колебаний в грунте, вызываемых движением селевого потока. Установку оборудования предусматривают на поверхности земли или в грунте на устойчивых берегах селевого русла. При наличии риска ложных срабатываний от посторонних источников вибраций (проезд поездов, грузовиков, обвалы и т. д.) следует предусматривать средства программной фильтрации сигнала и определения пороговых значений срабатывания.

8.23 Ультразвуковые, инфракрасные и лазерные датчики, радары следует применять для раннего обнаружения селей и оповещения об их приближении к защищаемым объектам, а также в целях изучения и прогнозирования селевой активности. Общим принципом их действия является обнаружение селевого потока и измерение его глубины. Принцип размещения основан на характерном для селевых русел резком возрастании расхода и, соответственно, горизонта селевого потока по сравнению с обычным уровнем воды в русле. Как правило, датчики размещаются на растяжках непосредственно над селевым руслом или на его устойчивых берегах.

8.24 Струнные растяжки следует применять на участках сужения селевого русла или в комплексе с сооружениями инженерной защиты. Принцип действия струнных растяжек основан на разрыве струн, установленных в створе селевого русла, под действием селевого потока. Ввиду необходимости переустановки оборудования после однократного срабатывания не рекомендуются к применению на труднодоступных участках, в селевых бассейнах, для которых характерна высокая повторяемость схода селей, а также повторные селевые волны. Также следует учитывать риск ложных срабатываний при повреждении дикими

животными, упавшими деревьями, крупными обломками при обвалах.

8.25 Датчики тормозных устройств следует применять на гибких селезадерживающих сооружениях в целях раннего обнаружения селей и оповещения об их приближении к защищаемым объектам, а также как инструмент мониторинга указанных сооружений. Принцип действия основан на регистрации срабатывания тормозных устройств селезадерживающего сооружения. Ввиду необходимости переустановки оборудования после однократного срабатывания не рекомендуются к применению на труднодоступных участках, в селевых бассейнах, для которых характерна высокая повторяемость схода селей, а также повторные селевые волны.

8.26 Автоматизированные системы наблюдения и оповещения следует, как правило, предусматривать с автономным питанием и значительным периодом межсервисного обслуживания. Элементы автоматизированной системы должны быть снабжены защитой от механических повреждений, а также предусматривать решения по защите от ложных срабатываний. При проектировании следует отдавать предпочтение решениям, обеспечивающим многократное повторное применение после срабатывания.

8.27 При вводе в эксплуатацию автоматизированных систем следует проводить их пусконаладку и проверку работоспособности с подготовкой исполнительных актов в присутствии специалистов эксплуатирующей организации.

8.28 Передачу сигнала следует организовывать по проводным или беспроводным каналам к регистратору, где должна быть произведена первичная его обработка с последующей передачей сигнала тревоги по каналам GSM, LAN, или альтернативным.

8.29 Элементы автоматизированного комплекса должны быть снабжены защитой от механических повреждений и ложных срабатываний. При проектировании следует отдавать предпочтение датчикам, обеспечивающим многократное повторное применение после срабатывания.

Приложение А

(рекомендуемое)

Методика расчета параметров наносоводного селевого потока

Определение расчетных характеристик селевых потоков следует производить на основе результатов комплексных изысканий. Для предварительных расчетов допускается использовать приведенную ниже методику.

Одним из основных параметров селевого потока, влияющих на выбор защитных сооружений и мероприятий, является расход.

Максимальные расходы селевых потоков [11] вероятностью превышения p = 1 % определяют по формуле:

$$Q_c = Q_{в1\%}\psi_Q\lambda_p, \quad (А.1)$$

где $Q_{в1\%}$ – расход водного селеформирующего паводка вероятностью превышения 1 %, принимаемый по материалам изысканий или вычисляемый согласно [6], м^3/с;

ψ_Q – коэффициент селенасыщенности, зависящий от коэффициента k_s относительного насыщения потока твердым материалом:

$$\psi_Q = \frac{1}{1-k_s} \quad (А.2)$$

λ_p – коэффициент перехода от селевого расхода вероятностью превышения p = 1 % к другой вероятности превышения, определяемый по таблице А.1.

Таблица А.1 – Переходные коэффициенты к другой вероятности превышения расхода

Площадь водосбора, км²	Переходные коэффициенты λ_p для вероятностей превышения, p, %					
	0,33	1	2	3	5	10
1	1,55	1,0	0,78	0,63	0,49	0,33
100	1,45	1,0	0,80	0,69	0,67	0,12
1000	1,34	1,0	0,81	0,74	0,62	0,49

При отсутствии натурных данных о концентрации твердых материалов в селевой массе и влажности селеформирующих грунтов, полученных в результате обследований непосредственно после прохождения выдающихся паводков, величину k_{sp} в формуле А.3 рассчитывают по модели предельного насыщения:

$$k_{sp} = \lambda_{sp} k_{s1\%} \xi \,, \tag{А.3}$$

где λ_{sp} – переходный коэффициент от значений $k_{s1\%}$ при вероятности превышения селевого расхода 1 %, к другим вероятностям, определяют по таблице А.3.

Таблица А.2 – Переходные коэффициенты к другой вероятности превышения

1 %	Переходные коэффициенты λ_{sp} для вероятностей превышения, %					
	0,33	1	2	3	6	10
0,015	1,10	1,00	0,92	0,89	0,83	0,74
0,15	1,08	1,00	0,93	0,90	0,84	0,76
0,50	1,05	1,00	0,95	0,92	0,88	0,81
0,70	1,04	1,00	0,96	0,93	0,90	0,85
0,85	1,03	1,00	0,97	0,94	0,92	0,88
0,95	1,00	1,00	0,98	0,96	0,94	0,90

$$k_{s1\%} = \frac{18\mu^{x_1} i^{x_2}}{1+18\mu^{x_1} i^{x_2}} \tag{А.4}$$

$$x_1 = \left(\frac{1}{16\mu+1}\right)^{0,5} \tag{А.5}$$

$$x_2 = \left(\frac{1}{31\mu+1}\right)^{0,2} \tag{А.6}$$

где i – средний уклон главного тальвега;

μ – коэффициент селеактивности бассейна, определяемый по формуле:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i z_i}{F} \tag{А.7}$$

где F_i – площади отдельных участков бассейна в м^2, характеризующиеся удельными коэффициентами селеактивности z_i, определяемыми по таблицам А.3 и А.4;

F – полная площадь бассейна в м^2;

ξ – коэффициент относительной устойчивости расчетного участка русла, определяемый по формуле:

$$\xi = \left(\frac{1,5}{Л + 1} \right)^{x_3} \quad (А.8)$$

где $Л$ – число Лохтина, определяемое по формуле:

$$Л = \bar{d} / I_y \quad (А.9)$$

$\bar{d}$ – средневзвешенный диаметр твердых материалов, мм;

I_y – местный продольный уклон русла в расчетном створе, %;

$$x_3 = \frac{10}{(I_y + 100)^{2/3}} \quad (А.10)$$

Таблица А.3 – Комплексы селеформирующих пород

Индекс комплекса	Состав комплексов селеформирующих пород
1	Скальные и полускальные породы, легко размываемые аспидные и глинистые сланцы, песчаники, мергели, мергелистые известняки, аргиллиты
2	Связные глинисто-песчаные породы верхней юры и олигоцен-миоцена, глины, аргиллиты, песчаники с прослоями мергелей и конгломератов
3	Грубообломочные моллассовые отложения со связными и песчаными породами миоплиоцена, конгломераты с прослоями и линзами глин, суглинков и рыхлых песчаников
4	Скальные породы вулканногенно-осадочной формации байоса и среднего эоцена, роговообманковые и альбитовые порфириты из туфа, туфопесчаники, туфобрекчии, лавовые брекчии
5	Высокопрочные породы, кристаллические сланцы, филлиты, анизотропные гнейсы, гранитоиды
6	Высокопрочные скальные породы карбонатной формации мела и верхней юры, брекчированные и доломитизированные известняки, доломиты, песчанистые и мергелистые известняки

Таблица А.4 – Значения удельных коэффициентов селеактивности

№ категорий	Характер и степень развития эрозионных процессов	Индекс комплекса селеформирующих пород	Удельные коэффициенты селеактивности очагов	
			I – примыкающие к селевым руслам	II – не связанные непосредственно с русловой сетью
1	Мощные эрозионные врезы, заполненные рыхлообломочным материалом. Зоны накопления рыхлообломочного материала	1	1,0	0,9
		2	0,96	0,85

	у границ ледников и снежников. Конусы выноса селевых притоков и лавинных лотков. Русла и террасы главного тальвега и основных притоков, сложенные мощными отложениями рыхлых материалов, с неустойчивыми склонами, подрезаемыми при проходе высоких вод	3 4 5 6	0,90 0,85 0,80 0,75	0,80 0,75 0,70 0,65
2	Обнаженные крутопадающие склоны, подверженные интенсивному выветриванию, зоны развития обвалов, камнепадов, оползней и осыпей	1 2 3 4 5 6	0,70 0,65 0,60 0,55 0,50 0,45	0,60 0,55 0,50 0,45 0,40 0,35
3	Зоны под пахотой или изреженным лесом и кустарником с выбитой подстилкой, с повреждением коренных пород	1 2 3 4 5	0,40 0,35 0,30 0,25 0,20	0,30 0,25 0,20 0,15 0,10
4	Зоны под сомкнутым лесом с нормальной подстилкой, но при плохо организованном лесном хозяйстве с возможным образованием карчехода и заломов	–	0,10	0,05
5	Зоны под альпийскими лугами с полноценным дерновым покровом и нормально организованным выпасом скота	–	0,05	0,03
6	Зоны под сомкнутым лесом с полноценной подстилкой и правильно организованным лесным хозяйством	–	0,03	0,01

Значения k_{s1} и ξ вычисленные по формулам допускается принимать непосредственно по таблицам А.5 и А.6.

Таблица А.5 – Определение коэффициента селенасыщенности

Средний уклон лога, I, %	Коэффициент селенасыщенности k_{s1} при коэффициенте селеактивности бассейна μ					
	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,15
1000	1,199	0,369	0,511	0,664	0,811	0,865
700	0,170	0,330	0,454	0,616	0,782	0,841
600	0,159	0,312	0,433	0,593	0,764	0,828
500	0,145	0,288	0,404	0,566	0,745	0,813
400	0,128	0,258	0,370	0,529	0,715	0,789
300	0,105	0,220	0,322	0,477	0,670	0,752
200	0,078	0,169	0,255	0,396	0,594	0,685
150	0,062	0,135	0,210	0,338	0,532	0,627
100	0,043	0,111	0,149	0,255	0,434	0,533
70	0,030	0,068	0,106	0,191	0,345	0,440
50	0,021	0,048	0,078	0,140	0,267	0,352
35	0,014	0,033	0,054	0,08	0,196	0,264
20	0,0072	0,017	0,030	0,054	0,112	0,157
10	0,0033	0,0077	0,013	0,024	0,054	0,077
5	0,0014	0,0035	0,006	0,011	0,026	0,038
2	0,0010	0,0013	0,0023	0,0054	0,010	0,014
1	0,0033	0,0006	0,0011	0,0021	0,0047	0,0071
Средний уклон лога, I, %	0,20	0,30	0,40	0,50	0,70	1,00
1000	0,884	0,916	0,928	0,933	0,943	0,950
700	0,871	0,899	0,913	0,921	0,930	0,936
600	0,861	0,891	0,906	0,915	0,925	0,930
500	0,847	0,879	0,896	0,906	0,916	0,923
400	0,826	0,864	0,882	0,892	0,904	0,912
300	0,794	0,837	0,058	0,871	0,885	0,895
200	0,738	0,787	0,819	0,830	0,847	0,860
150	0,682	0,740	0,770	0,783	0,810	0,824
100	0,593	0,660	0,695	0,718	0,743	0,762
70	0,501	0,572	0,623	0,637	0,665	0,688
50	0,410	0,481	0,521	0,548	0,579	0,603
35	0,313	0,377	0,416	0,443	0,474	0,499
20	0,193	0,241	0,272	0,294	0,322	0,345
10	0,096	0,111	0,143	0,154	0,174	0,190
5	0,047	0,061	0,071	0,078	0,088	0,096
2	0,018	0,024	0,028	0,031	0,034	0,038
1	0,0088	0,013	0,014	0,016	0,017	0,018

Таблица А.6 – Определение коэффициента относительной устойчивости русла

Средний уклон лога, I, ‰	Коэффициент относительной устойчивости русла ξ при среднем диаметре отложений, мм					
	10	20	30	50	70	100
1000						
700						
600						
500						
400						
300						
200						1,00
150					1,00	0,97
100				1,00	0,96	0,92
70			1,00	0,99	0,91	0,86
50		1,0	0,98	0,90	0,85	0,78
35		0,98	0,92	0,83	0,77	0,70
30	1,00	0,89	0,81	0,71	0,64	0,57
10	0,88	0,74	0,55	0,55	0,48	0,42
Средний уклон лога, I, ‰	150	200	300	500	700	1000
1000				1,00	0,99	0,97
700				0,99	0,97	0,95
600			1,00	0,98	0,96	0,93
500			0,99	0,96	0,94	0,91
400		1,00	0,98	0,94	0,91	0,88
300	1,00	0,98	0,95	0,90	0,86	0,82
200	0,97	0,94	0,89	0,83	0,78	0,73
150	0,93	0,90	0,84	0,77	0,72	0,66
100	0,86	0,82	0,75	0,67	0,61	0,56
70	0,79	0,74	0,66	0,58	0,52	0,47
50	0,71	0,65	0,58	0,49	0,44	0,39
35	0,62	0,57	0,50	0,42	0,37	0,32
30	0,49	0,44	0,38	0,31	0,27	0,24
10	0,36	0,32	0,27	0,22	0,19	0,16

При производстве расчетов на предварительной стадии проектирования, до проведения полевых обследований селевых бассейнов допускается определять коэффициент селеактивности μ по формуле:

$$\mu = k_{\mu} I^{x_4} \qquad (А.11)$$

где I – средний уклон лога в %.

Значения k_μ и x_4 принимают по таблице А.7.

Категорию селеопасности принимают по картам селеопасных территорий, имеющимся в территориальных управлениях гидрометеослужбы.

Степень эрозионной пораженности оценивают по крупномасштабным топографическим картам и материалам изысканий с использованием удельных коэффициентов селеактивности по таблице А.4.

Таблица А.7 – Значения параметров k_μ/x_4

Степень пораженности эрозией	Категория селеопасности	Значения параметров k_μ/x_4 при высоте расположения очагов, м					
		более 3000	2800	2600	2400	2200	2000 и менее
Высокая (наличие крупных очагов 1-й категории)	I	0,080 0,30	0,075 0,31	0,070 0,32	0,065 0,33	0,060 0,34	0,055 0,35
Средняя (наличие крупных очагов 2-й категории)	II	0,055 0,35	0,050 0,36	0,045 0,37	0,040 0,38	0,035 0,39	0,030 0,40
Низкая (наличие значительного количества очагов 3-й категории)	III	0,040 0,40	0,040 0,40	0,035 0,35	0,035 0,35	0,020 0,30	0,020 0,30

Объем селевого паводка (твердый и жидкий компоненты) определяют по формуле:

$$W_C = W_B \psi_W \qquad (А.12)$$

где W_B – объем жидкого (водного) стока заданной вероятности превышения, вычисленный в соответствии с [9] или по обоснованным региональным формулам в м^3;

ψ_W – коэффициент селенасыщенности, осредненный за расчетную волну селевого стока:

$$\psi_W = \frac{1}{1 - k_s^{1,25}} \qquad (А.13)$$

Объем выноса твердых материалов за расчетную волну селевого паводка определяют по формуле:

$$W_T = (W_C - W_B)(1 + \varepsilon_{ОТЛ}) \qquad (А.14)$$

где $\varepsilon_{ОТЛ}$ – средний коэффициент пористости отложений, который определяют по натурным данным или ориентировочно по таблице А.8.

Таблица А.8 – Коэффициенты пористости

Характеристика грунтов	Коэффициент пористости $\varepsilon_{отл}$ при вероятности превышения паводка, %				
	0,33	1	2	5	10
Крупно-фракционные грунты с содержанием глинистых фракций менее 5 %	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55
Глины и моренные суглинки	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46
Глины и делювиальные суглинки	1,02	0,96	0,92	0,85	0,80
Лессовидные отложения	1,18	1,10	1,05	0,97	0,92

В качестве расчетных следует принимать наибольшие значения селевого расхода и наименее благоприятные условия прохождения селевого потока в расчетном створе.

Приведенный выше метод расчета предполагает наличие в селевых руслах достаточного объема селеформирующего грунта. При несоблюдении этого условия, расчетный объем твердой составляющей селевого потока принимается равным объему селеформирующего грунта, определенному при проведении изысканий.

Приложение Б

(справочное)

Пример расчета параметров наносоводного селевого потока

Требуется определить основные параметры наносоводного селевого потока в естественном русле: расход, объем селевого потока и выноса твердых материалов за расчетную волну. Расход водного паводка $Q_{в1\%}$ обеспеченностью 1 % равен 24,2 м^3/с, объем жидкого (водного) стока равен 19 865 м^3, средний арифметический диаметр частиц твердой составляющей наносоводного селевого потока $d_{a.c}$ равен 0,03 м, средний уклон главного тальвега 18 % и местный продольный уклон русла в расчетном створе равен 14 %.

Максимальные расходы и объемы выносов селевых потоков

Согласно методике, приведенной в приложении А, для вычисления максимального расхода селевого потока Q_c в первую очередь требуется определить селеактивность бассейна. На предварительной стадии проектирования, до проведения полевых обследований селевых бассейнов допускается определять коэффициент селеактивности μ по формуле А.11, а значения k_μ и x_4 принимают по таблице А.7:

$$\mu = 0{,}02 \cdot 18^{0{,}3} = 0{,}048 \qquad \text{Б.1}$$

Далее, при отсутствии натурных данных о концентрации твердых материалов в селевой массе и влажности селеформирующих грунтов, получаемых в результате обследований непосредственно после прохождения выдающихся паводков, величину $k_{s1\%}$ рассчитывают по формуле А.4, где коэффициенты x_1 и x_2, вычислены по формулам А.5 и А.6:

$$k_{s1\%} = \frac{18 \cdot 0{,}048^{0{,}753} \cdot 0{,}18^{0{,}834}}{1 + 18 \cdot 0{,}048^{0{,}753} \cdot 0{,}18^{0{,}834}} = 0{,}305 \qquad \text{Б.2}$$

$$x_1 = \left(\frac{1}{16 \cdot 0{,}047 + 1} \right)^{0{,}5} = 0{,}753 \qquad \text{Б.3}$$

$$x_2 = \left(\frac{1}{31 \cdot 0{,}047 + 1} \right)^{0{,}2} = 0{,}834 \qquad \text{Б.4}$$

Далее необходимо вычислить коэффициент относительной устойчивости расчетного участка русла ξ, определяемый по формуле А.8, где $Л$ и x_3 определены по формулам А.9 и А.10:

$$\xi = \left(\frac{1,5}{2,143+1}\right)^{0,439} = 0,723 \qquad \text{Б.5}$$

$$Л = \frac{30}{14} = 2,143 \qquad \text{Б.6}$$

$$x_з = \frac{10}{(14+100)^{2/3}} = 0,439 \qquad \text{Б.7}$$

Определим коэффициент относительного насыщения потока твердым стоком k_{sp} по формуле А.3:

$$k_{sp} = 1 \cdot 0,305 \cdot 0,723 = 0,221 \qquad \text{Б.8}$$

Далее вычисляем коэффициент селенасыщенности по формуле А.2:

$$\psi_Q = \frac{1}{1-0,221} = 1,284 \qquad \text{Б.9}$$

Максимальный расход селевого потока с вероятностью превышения p = 1 % определяют по формуле А.1:

$$Q_c = 24,2 \cdot 1,284 \cdot 1 = 31,073 м^3/с \qquad \text{Б.10}$$

Объем селевого паводка (твердый и жидкий компоненты) определяют по формуле А.12, где коэффициент селенасыщенности, осредненный за расчетную волну селевого стока ψ_W найден по формуле А.13:

$$\psi_W = \frac{1}{1-0,221^{1,25}} = 1,179 \qquad \text{Б.11}$$

$$W_C = 19865 \cdot 1,179 = 23420,835 м^3 \qquad \text{Б.12}$$

Объем выноса твердых материалов за расчетную волну селевого паводка определяют по формуле А.14, где средний коэффициент пористости отложений $\varepsilon_{ОТЛ}$ принят 0,59:

$$W_T = (23420,835 - 19865)(1 + 0,59) = 5653,778 м^3 \qquad \text{Б.13}$$

Библиография

[1]	Федеральный закон № 384–ФЗ от 30.12.2009 г.	Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.
[2]	ПМП–91	Пособие к СНиП 2.05.03–84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки. Корпорация Трансстрой. – М.: ПКТИтрансстрой, 1992. – 214 с.
[3]	СП 11–104–97	Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Госстрой России. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. – 76 с.
[4]	СП 11–105–97 Часть V	Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть V. Правила производства работ в районах с особыми природно-техногенными условиями. Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2003. – 39 с.
[5]	СП 11–105–97 Часть I	Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. Госстрой России. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. – 28 с.
[6]	СП 11–105–97 Часть II	Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Госстрой России. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 2000. – 100 с.
[7]	СП 11–105–97 Часть III	Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. Госстрой России. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 2000. – 80 с.
[8]	СП 11–103–97	Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. Госстрой России. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. – 34 с.
[9]	СП 33–101–2003	Определение основных расчетных

гидрологических характеристик. Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 73 с.

[10] П–814–84 Рекомендации по проектированию противоселевых защитных сооружений. Гидропроект. – М.: Гидропроект, 1985. – 112 с.

[11] СП 32–102–95 Сооружения мостовых переходов и подтопляемых насыпей. Методы расчета местных размывов. Государственная корпорация Трансстрой. – М.: АО ЦНИИС, 1995. – 42 с.

[12] СНиП 12–03–2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования. Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 48 с.

[13] СНиП 12–04–2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство. Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 35 с.

[14] РД 52.30.238-89 Руководство селестоковым станциям и гидрографическим партиям. Выпуск 1. Организация и проведение работ по изучению селей.

ОКС 93.080.99
Ключевые слова: селевой поток, инженерная защита, противоселевые сооружения, мониторинг

Руководитель организации-разработчика
ООО «НТЦ ГеоПроект»
наименование организации

Директор		С. И. Маций
должность	личная подпись	инициалы, фамилия

gost.e-ecolog.ru