

УДК 625.1. (575.2) (04)

**ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПРЕВЕНТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА ВНЕЗАПНЫХ ОБРУШЕНИЙ СКЛОНОВ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
В ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЯХ КЫРГЫЗСТАНА**

Ф.Ю. Гатаулин – инженер

The railway construction in the mining-folded areas is integrated to a number of difficulties specified by high seismicity and by fissile development of downfalls and landslides. The problems of safety control for the users become specially actual in case of interception slopes by line of a road, on which one are advanced gravitational склоновые процессы. The selection and substantiation of preventive measures depends from kinds of these processes development and from the stage of slope process development.

Железные дороги на территории республики размещены неравномерно и не связаны между собой. Поэтому железнодорожные перевозки между северным и южным промышленными районами могут осуществляться только через территории соседних государств, что крайне неэкономично и требует длительного времени из-за протяженности маршрута и таможенных издержек вследствие пересечения государственных границ. В связи с этим Правительство Кыргызской Республики приняло решение об изучении возможности строительства железнодорожной линии, соединяющей север и юг республики с выходом в Китай [1].

Строительство и эксплуатация транспортных магистралей и железных дорог, особенно в тектонически-активных горно-складчатых областях, к которым относится Кыргызстан, связано с рядом специфических проблем, одной из которых является защита трасс от опасных геологических процессов, активизирующихся при воздействии природных и техногенных факторов. Из природных факторов, способствующих активизации гравитационных склоновых процессов, наиболее распространенные – геологическое строение склонов, сейсмичность, сезонные колебания температу-

ры, осадки. Основным техногенным фактором, влияющим на активизацию склоновых процессов, является наведенная сейсмичность от проходящего транспорта. Наиболее опасными склоновыми процессами, проявляющимися при строительстве и эксплуатации железной дороги в горной местности, являются камнепады, оползни, обвалы, сели, лавины [2].

Для предотвращения оползней и обвалов на железных дорогах необходим комплекс мероприятий, базой для создания которого могут стать существующие инженерные конструкции различного назначения.

С целью повышения устойчивости склонов строят подпорные стены, контрбанкетты и контрфорсы, анкерные конструкции, применяют металлические сетки, забивные и бурозабивные сваи, улавливающие сооружения, траншеи, валы, оградительные стены, арки, надолбы, галереи, тоннели и т.д.

Для защиты выветривающихся пород от атмосферных воздействий применяют одевающие стены. Они плотно прилегают к откосам, затрудняют доступ воды и воздуха к трещинам в склонах или грунтам, подверженным разуплотнению. Толщина стены из бетона составляет 0,3–0,4 м, а из каменной кладки на

растворе – 0,4–0,5 м. Глубину заложения фундаментов одевающих стен принимают в зависимости от глубины промерзания грунта основания.

Рассмотрим инженерные мероприятия по снижению риска разрушения железнодорожного пути в горах.

Инженерные мероприятия по защите железнодорожного пути от обвалов и камнепадов. В горных районах на высотных отметках более 2500–3000 м над ур. м. происходят в основном обвалы, камнепады, осыпи, курумы. Основными причинами образования таких гравитационных склоновых процессов является физическое и химическое выветривание пород, сезонные колебания температуры воздуха и пород склонов.

На основании опыта строительства и эксплуатации железных дорог в Кыргызстане и других горных республиках разработаны инженерные мероприятия по защите железнодорожной линии от горных обвалов, осыпей, курумов в зависимости от характера смещающегося каменного материала и высоты откоса дорожной выемки [3]. Наиболее надежно защищают железнодорожный путь железобетонные галереи кровельного типа, частично из сборных элементов. Их следует размещать на горном склоне с таким расчетом, чтобы падение отдельных скальных глыб объемом более 3 м³ со склонов и откосов приходилось не на кровлю галереи, а на естественные или искусственные полки склона выше галереи. Искусственные полки в отдельных случаях заменяют специальной амортизационной земляной засыпкой мощностью до 3–4 м. На высоких и крутых склонах следует проектировать галереи с наклонным перекрытием. Примером могут служить галереи на участке железнодорожной линии Бишкек – Балыкчи (см. рисунок).

Камнепады и горные обвалы случаются на зауженных участках долин горных рек и при строительстве железнодорожной линии. На таких участках необходимо тщательно очищать склоны и откосы от отдельных нависающих над дорогой камней и глыб, представляющих прямую и потенциальную опасность для железнодорожного полотна при обрушении. В этих случаях строительство ограждаю-

щих сооружений на склонах и в лотках в виде улавливающих стенок, габионов, канав достаточно надежно защитит путь и обеспечит безопасность пользователей дороги. Однако, как показывает опыт эксплуатации подобных защитных сооружений на горных дорогах Кыргызстана, улавливающие канавы, габионы и стены сравнительно быстро заполняются смещающимся делювием, что требует регулярной очистки обрушающегося материала со склонов.



Защитная галерея на участке железнодорожной линии Бишкек – Балыкчи.

Проектированию железных дорог в условиях развития курумов и осыпей должно предшествовать детальное изучение геоморфологии района, тектоники, процессов выветривания и интенсивности перемещения обломочного материала.

При пересечении камнепадных или обвальных участков следует на стадии строительства дороги разработать мероприятия по снижению сейсмического воздействия на массив при проведении буровзрывных работ.

Противооползневые мероприятия при строительстве железных дорог в горной местности. Оползни – одно из наиболее распространенных стихийных бедствий в горах. Они

развиваются на высоте 1000–2500 м над ур. м. на склонах преимущественно северной, северо-западной и северо-восточной экспозиции крутизной 15–35°. Оползневая активность связана с количеством выпадаемых осадков в виде дождя и снега и уровнем подземных вод, провоцируется сейсмичностью. На основе анализа характерных признаков формирования и активизации оползней установлено, что основными их причинами вследствие современных движений земной коры в Кыргызстане являются высокая сейсмичность региона; стабильное повышение уровня подземных вод в течение 3–5 дней; длительные атмосферные осадки (продолжительностью более 30 дней); геологическое строение, при этом наличие в разрезе пород мелового возраста свидетельствует о высокой вероятности образования оползней; геомеханические параметры покровных отложений – напряженно-деформированное состояние, прочность и деформируемость грунтов [4].

Кроме того, следует учитывать и тот факт, что при движении железнодорожного состава колебания основания пути соответствуют от 1 до 3 баллов сейсмических колебаний. В этом

случае большое значение имеет наведенная сейсмичность, которая в сочетании с естественными факторами приводит к активизации оползневого процесса.

Для оценки оползневой опасности склонов разработаны категории степени оползневой опасности горных склонов (см. таблицу).

На практике противооползневые мероприятия по защите дорог подразделяют на активные и пассивные [4]. Последние сводятся к переносу участков трассы, которым угрожает оползень, в безопасное место или прохождение опасных участков туннелем. Эти мероприятия применимы в случае, когда оползень имеет объем до 0,5÷1,0 млн. м³ и более, протяженность оползневого тела в верхней части склона более 500 м, а также в случае, если оползневой процесс развивается на крутом склоне длиной от 500 до 1000 м, и при условии, что склон относится к первой категории оползневой опасности (повышенная) [2]. Пассивные мероприятия целесообразно применять в случае, если оползнеопасный склон находится в стадии подготовки к основному смещению. Это не только дорогостоящие, но и не всегда экономически обоснованные мероприятия.

Категории и степени оползневой опасности горных склонов [2]

Категория	Степень	Признаки
Первая	Повышенной опасности	На поверхности склона зарегистрированы закольные трещины, имеющие вертикальную и горизонтальную составляющие. Горизонтальные напряжения по створу склона превышают соответствующие напряжения вкrest створа, а максимальные их значения приурочены к нижней части склона и в 4–4,5 раза превышают напряжения в верхней и средней частях
Вторая	Оползнеопасный склон	На поверхности склона выявлены закольные трещины с горизонтальным раскрытием. Максимальные значения горизонтальных напряжений зарегистрированы в средней части склона, а горизонтальные – вкrest склона, меньше напряжений по его падению
Третья	Потенциально опасный склон	На поверхности склона отсутствуют закольные трещины. Область концентрации напряжений составляет более половины длины склона
Четвертая	Неоползнеопасный склон	На поверхности склона отсутствуют закольные трещины. Линейные размеры зоны концентрации напряжений не превышают 1/3 длины склона

Активные противооползневые мероприятия связаны с выполнением инженерных работ,

направленных на снижение сдвигающих или на увеличение удерживающих сил. Установлено,

что более 70% оползней активизируется при увеличении влажности грунта. Наиболее эффективны в этом случае такие превентивные мероприятия, как строительство водоотводных канав на поверхности склона, дренаж водоносных горизонтов, искусственное залечивание образовавшихся трещин, через которые в глубь массива просачиваются поверхностные воды.

При малой мощности покровных образований (до 20 м) на склоне дренирование водоносных горизонтов трещиноватых пород коренной основы следует считать основным противооползневым мероприятием. При разработке конкретного технического решения по проведению дренажа необходимо учитывать, что в результате проведения таких работ будут обеспечены отвод выклинивающихся вод и разгрузка напора подпитывающих вод [5].

Активные противооползневые мероприятия следует проводить на склонах, относящихся ко второй категории по степени оползневой опасности [2]. На основе инженерно-геологического анализа подбирают рациональный состав противооползневых конструкций и уточняют размещение их отдельных видов на склоне или на откосах земляного полотна.

Одним из наиболее эффективных превентивных мероприятий по снижению оползневой опасности на дороге является разгрузка тела оползня – снижение его веса за счет удаления части грунта со склона. Такая разгрузка эффективна при любых параметрах оползнеопасного склона. Одним из условий проведения работ является временная стабилизация оползневых масс или состояние неустойчивого равновесия покровных отложений на склоне.

При освоении склонов, относящихся к третьей категории оползневой опасности, превентивными мероприятиями, снижающими риск внезапного схода оползня, являются подпорные стены и контрфорсы, сложенные из местного материала. При малой мощности покровных образований на таких склонах укладывают анкерные плиты.

Если дорога строится на потенциально оползневом склоне, относящемся к четвертой категории оползневой опасности, т.е. неоползнеопасном в текущий момент времени, то следует соблюдать элементарные правила: не нарушать растительный покров на поверхности

склона, при строительстве максимально снизить объемы проведения буровзрывных работ, при эксплуатации снижать скорость движения железнодорожного состава до 25–40 км/час.

При прокладке железных дорог вблизи рек, озер и в целях защиты склонов и откосов от оползневых явлений используется кладка из сборных железобетонных тетраподов, анкерные береговые ограждения из железобетонных свай и заборных досок размером 300×50×10 см. Пространство между стеной из железобетонных досок и откосами заполняют валунами, галечниковыми грунтами и гравием. Нижний ряд досок опирается на бетонную рандбалку высотой 0,8–1,0 м. Стена из досок выполняется сплошной или сквозной.

Противолавинные мероприятия при строительстве и эксплуатации железных дорог. В настоящее время в качестве мер противолавинной защиты железных дорог наиболее распространены:

- профилактический сброс снега из очагов лавиносборов (с последующими работами по ликвидации последствий схода искусственной лавины);
- застройка поверхности очагов лавинообразования противолавинными снегоудерживающими сооружениями;
- сооружение противолавинных галерей.

Во всех случаях выбор варианта противолавинной защиты зависит от категории дороги.

Особенность метода профилактического сброса снежных масс из лавиносборов заключается в том, что в определенные периоды при достижении высоты снежного покрова выше расчетной запрашивается “окно” в расписании движения поездов, и в это время производят минометный обстрел лавиносборов на склонах или взрывные работы (взрывы зарядов взрывчатых веществ для срезания снежных козырьков и карнизов) и ликвидацию последствий схода лавин (уборка снега с пути, иногда ремонт пути, опор контактной сети и т.д.). На наиболее опасных участках дороги во время и после снегопадов зимой и весной, в период активного таяния снега ограничивают скорость движения поездов.

В зависимости от категории дороги, ее грузонапряженности, пропускной и провозной

способности, вида тяги, эффективности отдельных затрат, следует рационально планировать применение различных противолавинных мероприятий.

В большинстве своем галереи по капитальным вложениям оказываются наиболее дорогостоящими мерами противолавинной защиты, дешевле обходится профилактический сброс из очагов лавинообразования. Промежуточное положение между ними занимают методы защиты при помощи застройки лавиноопасных склонов.

Исходя из экономической целесообразности и технической возможности, в ряде случаев на начальной стадии эксплуатации дороги следует предусмотреть поэтапное усиление технических средств противолавинной защиты. Это позволит в начальный период эксплуатации при небольшой грузонапряженности и малой частоте движения использовать менее капиталоемкие мероприятия:

- профилактический сброс снежных масс из очагов лавинообразования – снегоудерживающие сооружения (с ограниченным сроком службы) – противолавинные галереи;
- профилактический сброс снега – снегоудерживающие сооружения – обход лавиноопасных мест;
- снегоудерживающие сооружения (с ограниченным сроком службы) – противолавинные галереи и т. д.

На выбор того или иного варианта противолавинной защиты главным образом влияют рельеф, инженерно-геологические особенности склона, параметры лавиносбора, расчетная высота снежного покрова.

На крутых, изрезанных склонах с резкими перепадами высот при больших объемах лавиносборов и узких каналах стока экономически

эффективными являются галереи, а при однообразных склонах – снегоудерживающие заборы.

Таким образом, на выбор варианта защиты пути от проявления оползней, обвалов и лавин главным образом влияют рельеф и высотные отметки прохождения пути, инженерно-геологические особенности склона.

Скорость движения поезда на опасных участках склона в зависимости от его протяженности не должна превышать 25–40 км/час.

При строительстве железной дороги в тектонически-активных регионах следует разработать мероприятия по снижению сейсмического воздействия на массив при высокой грузонапряженности, пропускной и провозной способности, вида тяги и проведении буровзрывных работ.

Литература

1. Масадыхов Э., Кожоголов К., Никольская О., Гатаулин Ф., Куренков Ю., Трутнев Г. Евразийский железнодорожный коридор через Кыргызстан. – Бишкек: Илим, 2002.
2. Кожоголов К.Ч., Никольская О.В. Основные признаки оползневой опасности // Вопросы геомеханики и разработки месторождений полезных ископаемых: Тр. Ин-та физ. и мех. горных пород НАН Кыргызской Республики. – Бишкек: Илим, 1997. – №1. – С. 60–66.
3. Железные дороги в сложных физико-географических условиях / Тр. Новосибирского ин-та инженеров железнодорожного транспорта. – Вып. 115. – Новосибирск, 1970.
4. Айтматов И.Т., Кожоголов К.Ч., Никольская О.В. Геомеханика оползнеопасных склонов. – Бишкек: Илим, 1999. – 208 с.
5. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. – М.: Стройиздат, 1977. – 320 с.