

УДК 699.8

DOI: [10.37153/2618-9283-2024-1-31-48](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2024-1-31-48)

Сейсмозащита и сейсмоизоляция зданий и сооружений

Снижение динамического воздействия оползня на здания и транспортные сооружения села Токтогул Узгенского района Кыргызской Республики

**Мухтар Чуканович Апсеметов¹, Алтынбек Евгеньевич Айдаралиев¹,
Уланбек Турсунбекович Шекербеков¹, Нурлан Курманбек уулу²**

¹Кыргызский государственный технический университет (КГТУ) имени И. Раззакова.
Бишкек, Кыргызская Республика

²Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры
(КГУСТА) имени Н. Исанова. Бишкек, Кыргызская Республика

Аннотация: В Кыргызской Республике отмечается существенное возрастание оползневой активности на фоне происходящего изменения климата, особенно в южных горных районах страны. Объем грунта при оползне в этом регионе может достигать десятков и сотен тысяч кубических метров, а в отдельных случаях и более. Скорость смещения оползня колеблется от нескольких метров в год до нескольких метров в секунду.

Целью данного исследования является разгрузка оползневого участка для защиты населения, дорог и иных сооружений села Токтогул Узгенского района Кыргызской Республики. Сползание масс грунта на участке может вызвать разрушения и завалы жилых и административных зданий, дорог и линий электропередачи, а также ранение и гибель людей.

Методы исследования. Данный оползневый участок изучен на основе полевых исследований на местности и результатов камеральных работ. Рассмотрено равновесие системы сил, действующих на массив просадочного грунта участка склона.

Результаты. Предлагаются мероприятия разгрузки тела оползня на данном участке. Представлены предлагаемые продольные профили водоотводных каналов для снижения влажности просадочного грунта и поперечные профили разработанного грунта для снижения веса просадочного грунта. По результатам обработки данных исследования и анализа рекомендуется снижения веса неустойчивого (просадочного) грунта ступенчатой разработкой по склону участка и транспортировкой его до 5 км для последующего производства кирпича. А также рекомендуется защита просадочного грунта от переувлажнения устройством водоотводных каналов. По результатам исследований разработан реальный проект защиты участка от оползня у села Токтогул. Предлагаемые меры позволяют снизить риск возникновения оползня на рассматриваемом участке с применением недорогих и доступных для государственных органов и местных администраций методов и технических средств.

Ключевые слова: оползень, снижение риска, снижение динамического воздействия, коэффициент трения, устойчивость склона, влажность грунта, земляные работы, сила тяжести, равновесие сил, проекция сил

Для цитирования: Апсеметов М.Ч., Айдаралиев А.Е., Шекербеков У.Т., Курманбек

@Apsemetov M. Ch., Aidaraliev A. E., Shekerbekov U. T., Kurmanbek uulu N., 2024

уулу Н. Снижение динамического воздействия оползня на здания и транспортные сооружения села Токтогул Узгенского района Кыргызской Республики // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2024. № 1. С. 31–48

DOI: [10.37153/2618-9283-2024-1-31-48](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2024-1-31-48)

Seismic protection and seismic isolation of buildings and structures

Reducing the dynamic impact of a landslide on buildings and transport structures in the village of Toktogul, Uzgen district of the Kyrgyz Republic

Apsemetov Mukhtar Ch.¹, Aidaraliev Altynbek E.¹, Shekerbekov Ulanbek T.¹, Kurmanbek uulu Nurlan²

¹Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov.
Bishkek, Kyrgyz Republic

²Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov. Bishkek, Kyrgyz Republic

Abstract: In the Kyrgyz Republic, there is a significant increase in landslide activity against the backdrop of ongoing climate change, especially in the southern mountainous regions of the country. The volume of soil during a landslide in this region can reach tens and hundreds of thousands of cubic meters, and in some cases more. The rate of landslide displacement ranges from several meters per year to several meters per second. The purpose of this study is to unload the landslide area to protect the population, roads and other structures of the village of Toktogul, Uzgen district of the Kyrgyz Republic. This landslide area was studied on the basis of field research on the ground and the results of desk work. The sliding of soil masses in the area can cause destruction and debris of residential and administrative buildings, roads and power lines, as well as injury and death. Considering the equilibrium of the system of forces acting on the subsidence soil mass of the slope section and analyzing them, measures for unloading the landslide body in this section are proposed. The proposed longitudinal profiles of drainage channels to reduce the moisture content of subsidence soil and transverse profiles of developed soil to reduce the weight of subsidence soil are presented. Based on the results of processing research data and analysis, it is recommended to reduce the weight of unstable (subsidence) soil by stepwise development along the slope of the site and transporting it up to 5 km for subsequent brick production. It is also recommended to protect subsidence soil from waterlogging by installing drainage channels. Based on the results of the research, a real project was developed to protect the site from landslides near the village of Toktogul. The proposed measures make it possible to reduce the risk of a landslide in the area under consideration using methods and technical means that are inexpensive and accessible to government agencies and local administrations.

Keywords: landslide, risk reduction, reduction of dynamic impact, friction coefficient, slope stability, soil moisture, excavation, gravity, balance of forces, projection of forces

For citation: Apsemetov M.Ch., Aidaraliev A.E., Shekerbekov U.T., Kurmanbek uulu N. Reducing the dynamic impact of a landslide on buildings and transport structures in the village of Toktogul, Uzgen district of the Kyrgyz Republic. *Earthquake engineering. Constructions safety*. 2024, № 1, pp. 31–48

DOI: [10.37153/2618-9283-2024-1-31-48](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2024-1-31-48)

Введение

В последние годы отмечается увеличение количества оползней в горных районах Кыргызской Республики из-за активизации взаимодействующих геодинамических движений, подъема уровня подземных вод, изменения климата, а также инженерно-хозяйственной деятельности человека. Около 7,5% территории республики подвержены оползневым процессам и наибольшее количество оползней расположено в Ошской и Джалал-Абадской областях [1]. В 1993–2013 гг. под оползнями погибло 256 человек, а экономический ущерб от оползней составил в среднем 2,5 млн. долл. США в год [2, 3].

Оползень – скользящее смещение масс грунтов и горных пород вниз по склонам гор и оврагов, крутых берегов озер и рек под влиянием силы тяжести. С зарождения оползня и перемещения его на другой уровень вплоть до полного затухания происходят последовательные изменения состава, состояния и свойств оползня, проявляющиеся в деформациях, слагающих оползень горных пород. Причинами оползня чаще всего являются подмыв склона, его переувлажнение обильными осадками, землетрясения или деятельность человека. Стабилизированные за длительное время у подножий делювиальные, пролювиальные, коллювиальные образования переходят в статически неустойчивое состояние за счет гравитации, снижения сил трения в плоскости скольжения, повышения проницаемости атмосферных осадков [4, 5].

Объем грунта при оползне может достигать десятков и сотен тысяч кубических метров, а в отдельных случаях и более. Оползни могут двигаться медленно со скоростью от нескольких метров в год, а иногда со скоростью 100 м/с и более в виде катастрофических обвалов. Перемещение огромных грунтовых масс по склону под действием силы тяжести могут вызвать разрушения зданий и инженерных сооружений, трубопроводов, электрических линий и гибель людей [4].

В геоморфологическом отношении оползневый участок находится в пределах юго-западных предгорий Ферганского хребта, в долине реки Зергер (рис. 1). В данном районе периодически проявляются оползневые явления. В 6:40 утра 29 апреля 2017 года в селе Аюу сельского округа Зергер Узгенского района сошел оползень объемом более 1 миллиона кубометров. По данным МЧС КР, земляная масса накрыла 7 домов, в которых находилось 24 человека.

Инженерные изыскания и проектные работы проводились для определения и снижения риска оползня на изучаемом участке. По результатам проведенных исследований можно говорить об отсутствии непосредственной угрозы от оползня и безопасности населенного пункта в краткосрочном периоде времени. Но оползневая масса находится в движении и при избыточном увлажнении может быть разрушительной. Поэтому рекомендуется организация периодических наблюдений за состоянием устойчивости пород, слагающих верхнюю, водораздельную часть массива, особенно весной и осенью, когда выпадает наибольшее количество осадков. Также целесообразно проведение профилактических работ по ликвидации возможных путей проникновения поверхностных талых и ливневых вод по трещинам [6, 7, 8, 9]. Следует проводить профилактические работы по планировке поверхности для избегания скопления талой воды и атмосферных осадков.

Рекомендуется выбрать и реализовать наиболее подходящие и экономически приемлемые инженерно-технические мероприятия по снижению динамического воздействия оползня на здания и сооружения [9, 10].

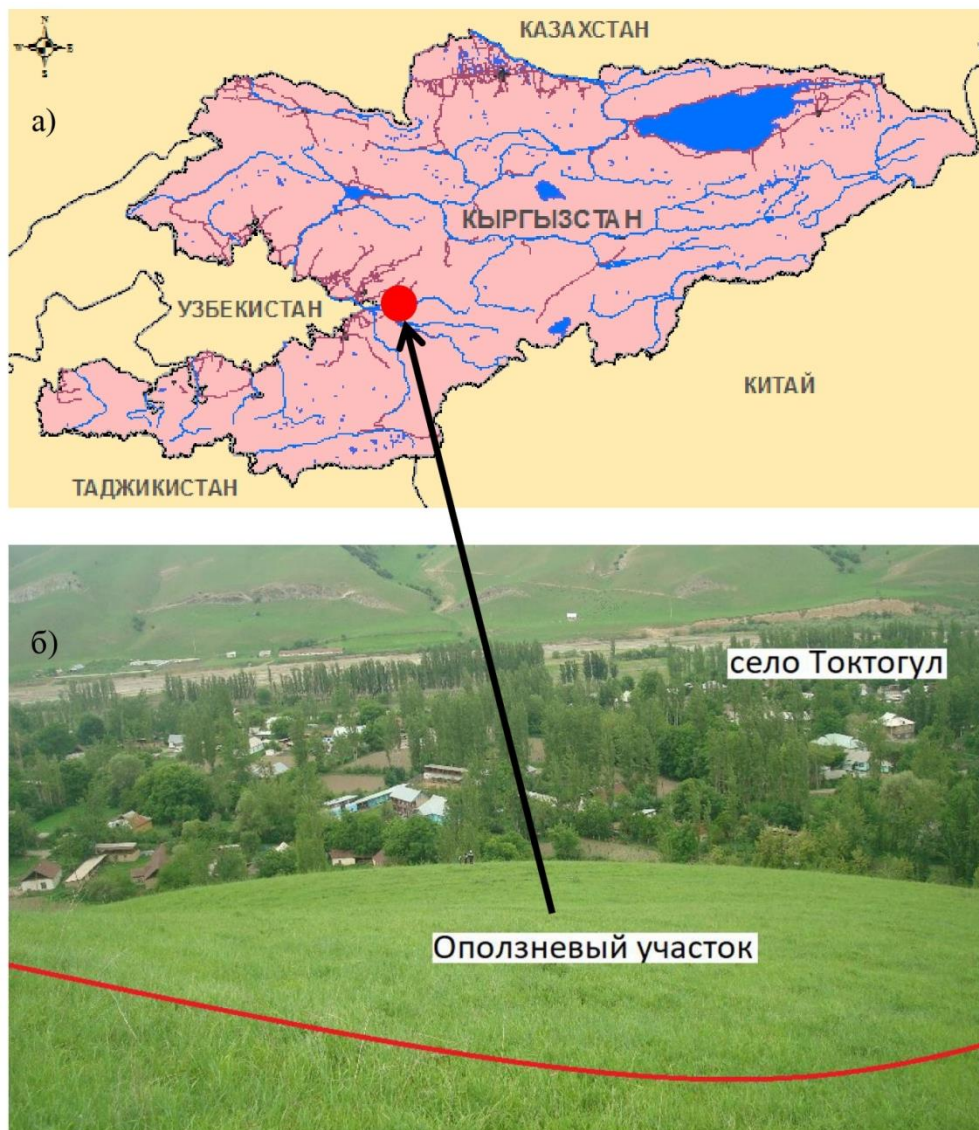


Рисунок 1 – Место расположения оползневой участка: а) район исследований на карте (красная точка); б) вид сверху на оползневый участок (красным цветом показана линия отрыва оползня)

Figure 1 – Location of the landslide site: a) the research area on the map (red dot); b) top view of the landslide area (the line of separation of the landslide is shown in red)

Рельеф исследуемой местности представляет собой склон западной экспозиции, крутизной $25\text{--}30^{\circ}$, относительной высотой $110\text{--}130$ м. Поверхность покрыта густой травяной растительностью и редкими кустарниками. На поверхности изучаемого участка выделяются элементы рельефа более мелкого порядка: ложбины, террасы, уступ террасы, а также искусственно созданные насыпи и выемки вдоль канала.

Гидрографическая сеть представлена р. Зергер и ее боковыми составляющими. По подножью склона проложен земляной канал шириной и глубиной соответственно $2,05$ и $2,0$ м. Уклон русла реки незначительный. В настоящее время канал является

недействующим.

Гидрогеологические условия характеризуются распространением безводных комплексов пород четвертичного периода и дочетвертичного времени. Пробуренными скважинами глубиной до 15 м и геофизическими исследованиями (вертикальное электрическое зондирование – ВЭЗ) уровень подземных вод не установлен. Предположительно, они залегают на глубине более 40 м. По периметру подошвы склона водопроявления в виде родников или мочажин нигде не наблюдается.

Геологическое строение представлено с поверхности мощной толщей (15–20 м и более) лессовидных суглинков светло- и темно-коричневых, твердых, полутвердых и тугопластичных, высокопористых, сильно просадочных [11]. Ниже глубин 24–26 м на водораздельной части, по данным ВЭЗ 4–7, залегают породы коренной основы – алевролиты со значением удельного электрического сопротивления в пределах 18–32 Ом. м.

Физико-механические характеристики грунтов изучались в лабораторных условиях по отобраным образцам нарушенной и ненарушенной структур.



Рисунок 2 – Трещины на поверхности оползня

Figure 2 – Cracks on the surface of the landslide

Физико-геологические явления и процессы проявляются в виде просадочности II типа, с образованием трещин, ориентированных субпараллельно водораздельной линии (рис. 2). Трещины ко времени проведения изысканий закрылись почти полностью и на поверхности рельефа остались в виде едва заметного уступа. Они имеют прерывисто-ступенчатый характер и местами исчезают. Время их возникновения и максимального раскрытия, по данным МЧС КР, приходится на 1992–1993 гг.

Судя по отсутствию уступа в рельефе, указывающего на явное проявление просадки, можно говорить о том, что возможно имело место проявление начальной, скрытой фазы образования оползня-просадки. И, по-видимому, после прекращения подачи воды в оросительный канал у подножия склона в течение последних нескольких лет процесс просадки замедлился или прекратился. Даже в многоводном 2017 году, когда в регионе произошла активизация оползневых процессов, на данном участке появление новых трещин не отмечено.

Климатические условия изучаемого района приводятся по данным многолетних наблюдений по метеостанции «Узген» Агентства по гидрометеорологии (Кыргызгидромет) при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики. В целом для данной местности характерно жаркое, засушливое лето со среднегодовым количеством осадков – 587 мм.

По данным многолетних наблюдений на вышеуказанной метеостанции количество осадков за период ноябрь–март составляет 308 мм, за апрель–октябрь – 279 мм, суточный максимум – 83 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в марте – мае, наименьшее в августе – сентябре. Вес снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности Земли – 86 кгс/м².

Температура воздуха, по данным метеостанции «Узген», следующая: средняя годовая температура воздуха – 11,1°C; абсолютный минимум температуры воздуха – 26°C; абсолютный максимум температуры воздуха + 39°C; расчетная температура наиболее холодной пятидневки – 13°C; средняя температура наиболее холодной пятидневки (вентиляционная) – 7°C. Скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью земли – 19 м/с.

Максимальная глубина проникновения нулевой изотермы составляет 89 см. Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов под открытой оголенной от снега поверхностью горизонтальной площадки следующая: суглинков и глин – 50 см; супесей, песков мелких и пылеватых – 61 см; песков гравелистых, крупных и средней крупности – 65 см; крупнообломочных грунтов – 74 см.

Сейсмичность района 9 баллов согласно «Карте сейсмического районирования Кыргызской Республики». Уточненная сейсмичность участка – 9 баллов [12, 13].

Материалы и методы исследования

Основной целью исследования является разработка мероприятий по снижению риска возникновения оползня и его динамического воздействия на здания и сооружения в селе Токтогул Узгенского района Ошской области Кыргызской Республики.

По краям села находятся дороги и транспортные и сооружения. Для достижения поставленной цели следует решить следующие задачи исследования [14]:

- выполнить камеральные работы для сбора данных по оползневому участку (топографические карты и планы, карты почв, геологические карты, спутниковые снимки, гидрометеорологическая информация и др.);
- провести полевые исследования (изучение рельефа и гидрологических условий, набор и исследование грунта, измерение и картирование трещин на теле оползня и др.);
- предложить мероприятия по разгрузке тела оползня и устройства защитных сооружений на данном участке для снижения воздействия оползня на близерасположенные дороги и сооружения или вообще предотвратить

воздействия.

Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики (МЧС КР) предоставило соответствующие картографические материалы для исследования. На рис. 3 показан геопривязанный и оцифрованный топографический план местности на фоне спутникового снимка из картографического сервиса «Гугл Земля».

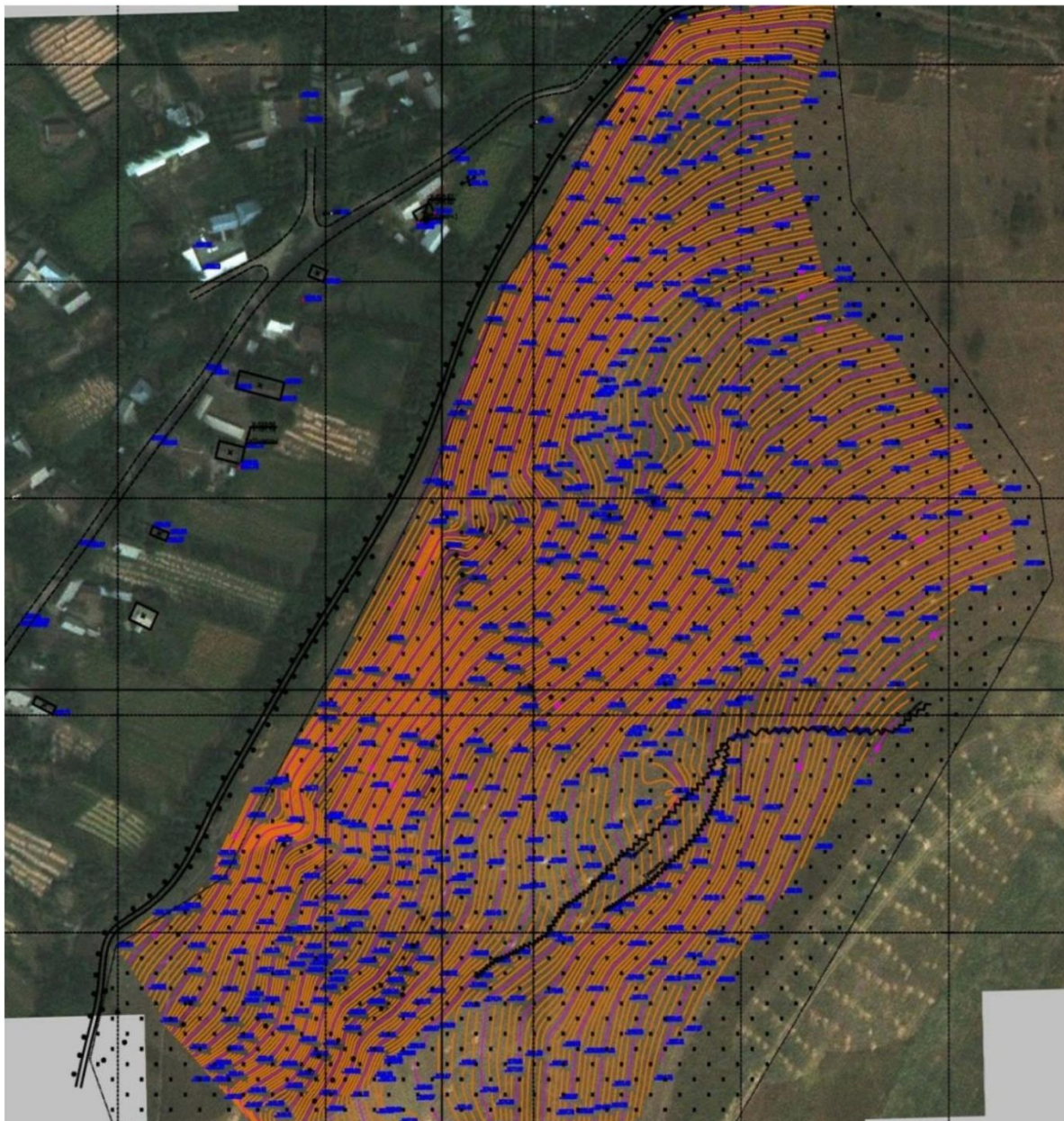


Рисунок 3 – Цифровой топографический план оползневого участка на фоне спутникового снимка местности

Figure 3 – Digital topographic plan of a landslide site on the background of a satellite image of the area

Участок оползневого склона был детально изучен для определения основных

причин возникновения оползня, то есть, были определены пограничные условия, когда нарушается равновесие системы сил, действующих на толщу просадочного грунта.

На рис. 4 показана схема участка оползневого склона и силы, действующие на грунты.

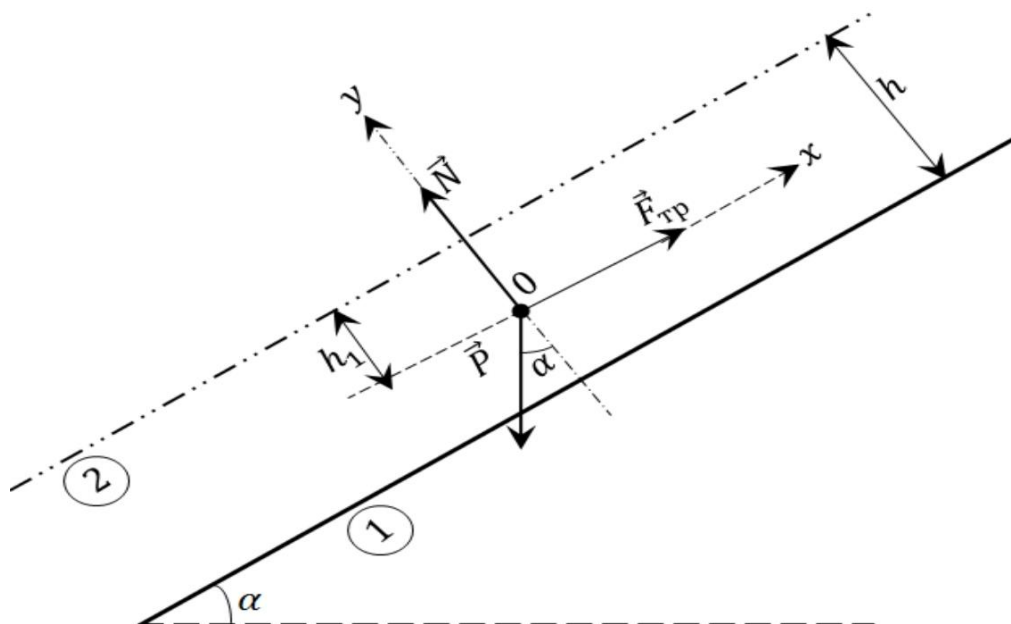


Рисунок 4 – Расчетная схема оползневого склона участка с грунтовой массой толщиной h : 1 – прочные коренные породы; 2 – просадочные грунты толщиной $h = (10 \div 20)$ м; α – угол наклона склона участка к горизонтальной плоскости

Figure 4 – Calculation scheme of the landslide slope of the site with a soil mass with a thickness h : 1 – strong bedrock; 2 – subsidence soils with a thickness $h = (10 - 20)$ m; α – the angle of inclination of the slope of the site to the horizontal plane

Здесь рассматривается упрощенная схема равновесия системы сил, которая легко понимается читателями. Конечно, можно было рассмотреть и другие схемы, например, сдвиг толщи грунта по прямолинейной поверхности или по цилиндрической поверхности, рассматривая грунт как дисперсное тело [15, 16, 17].

Из рисунка видно, что на толщу просадочного грунта действуют силы: \vec{P} – собственный вес просадочного грунта толщиной h ; \vec{N} – сила нормального давления; $\vec{F}_{\text{тр}}$ – сила трения между поверхностями скольжения просадочных грунтов или просадочного грунта и алевролита (коренной породы).

Пусть скольжение происходит на глубине h_1 , тогда векторное выражение для равновесия системы сил

$$\vec{P} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} = 0. \quad (1)$$

Анализируем выражение (1) по условию устойчивости склона. Для этого проецируем выражение (1) на координатные оси x, y .

Сумма проекций всех сил на ось x :

$$\sum x_i = F_x = F_{\text{тр}} - P \cdot \sin \alpha = 0. \quad (2)$$

Сумма проекций – на ось y :

$$\sum y_i = F_y = N - P \cdot \cos\alpha = 0. \quad (3)$$

Выражения (1), (2) и (3) – условия равновесия системы сил на рис. 2, причем (1) – уравнение векторное, (2) и (3) – уравнения скалярные (СНиП КР 11-01-98).

Известно, что сила трения определяется как:

$F_{\text{тр}} = N \cdot f$, где f – коэффициент трения между соприкасающимися поверхностями при сдвиге.

Из выражения (3) имеем $N = P \cdot \cos\alpha$ и подставляя это значение в формулу силы трения $F_{\text{тр}} = f \cdot P \cdot \cos\alpha$, получим из выражения (2) $F_x = N \cdot f - P \cdot \sin\alpha = f \cdot P \cdot \cos\alpha - P \cdot \sin\alpha$, отсюда

$$F_x = f \cdot P \cdot \cos\alpha - P \cdot \sin\alpha, \quad (4)$$

где F_x –сдвигающая сила по склону.

Исследуем выражение (4) по условиям устойчивости склона:

1. $F_x = 0$, $f \cdot P \cdot \cos\alpha - P \cdot \sin\alpha = 0 \Rightarrow f = \frac{P \cdot \sin\alpha}{P \cdot \cos\alpha} = \operatorname{tg}\alpha$. $f = \operatorname{tg}\alpha$ –склон находится в предельном равновесии, когда коэффициент трения f равен тангенсу угла α .

2. $F_x > 0$, $f \cdot P \cdot \cos\alpha - P \cdot \sin\alpha > 0 \Rightarrow f > \operatorname{tg}\alpha$ –склон находится в устойчивом положении с запасом, при условии $F_{\text{тр}} > P \cdot \sin\alpha$, так как F_x –направлена направо по оси x , верх по склону.

3. $F_x < 0$, $f \cdot P \cdot \cos\alpha - P \cdot \sin\alpha < 0 \Rightarrow f < \operatorname{tg}\alpha$ –склон теряет устойчивость и происходит оползень, при условии $F_{\text{тр}} < P \cdot \sin\alpha$, так как F_x –направлена вниз по склону.

В первом и во втором случаях оползня не будет. Угол наклона склона на горизонтальную плоскость $\alpha = \operatorname{const}$.

В третьем случае обязательно будет оползень, так как увеличивается P и уменьшается f , $\alpha = \operatorname{const}$, следовательно, оползень произойдет тогда, когда грунт переувлажняется (f уменьшится) и толщина грунта увеличивается (P увеличивается).

Для предупреждения оползня можно увеличить коэффициент трения f и уменьшить вес просадочного грунта (разгрузка). Увеличение коэффициента трения – f достигается снижением влажности просадочного грунта.

Исследуем выражение (3) по условиям устойчивости склона:

1. $F_y = 0$, $N - P \cdot \cos\alpha = 0$, $N = P \cdot \cos\alpha$ – толща грунта находится в предельном равновесии.

2. $F_y > 0$, $N - P \cdot \cos\alpha > 0$, $N > P \cdot \cos\alpha$ – происходит отрыв толщи грунта от коренной породы. Это может произойти при взрывах и землетрясениях с вертикальным толчком.

3. $F_y < 0$, $N < P \cdot \cos\alpha$ –происходит сжатие верхней толщи грунта к коренной породе и грунт уплотняется, повышая устойчивость склона.

На рис. 5 представлена схема устойчивого склона. Здесь коэффициентом трения учитывается и трение между частицами лессового грунта и сцепление между частицами. При увеличении влажности коэффициент трения уменьшается.

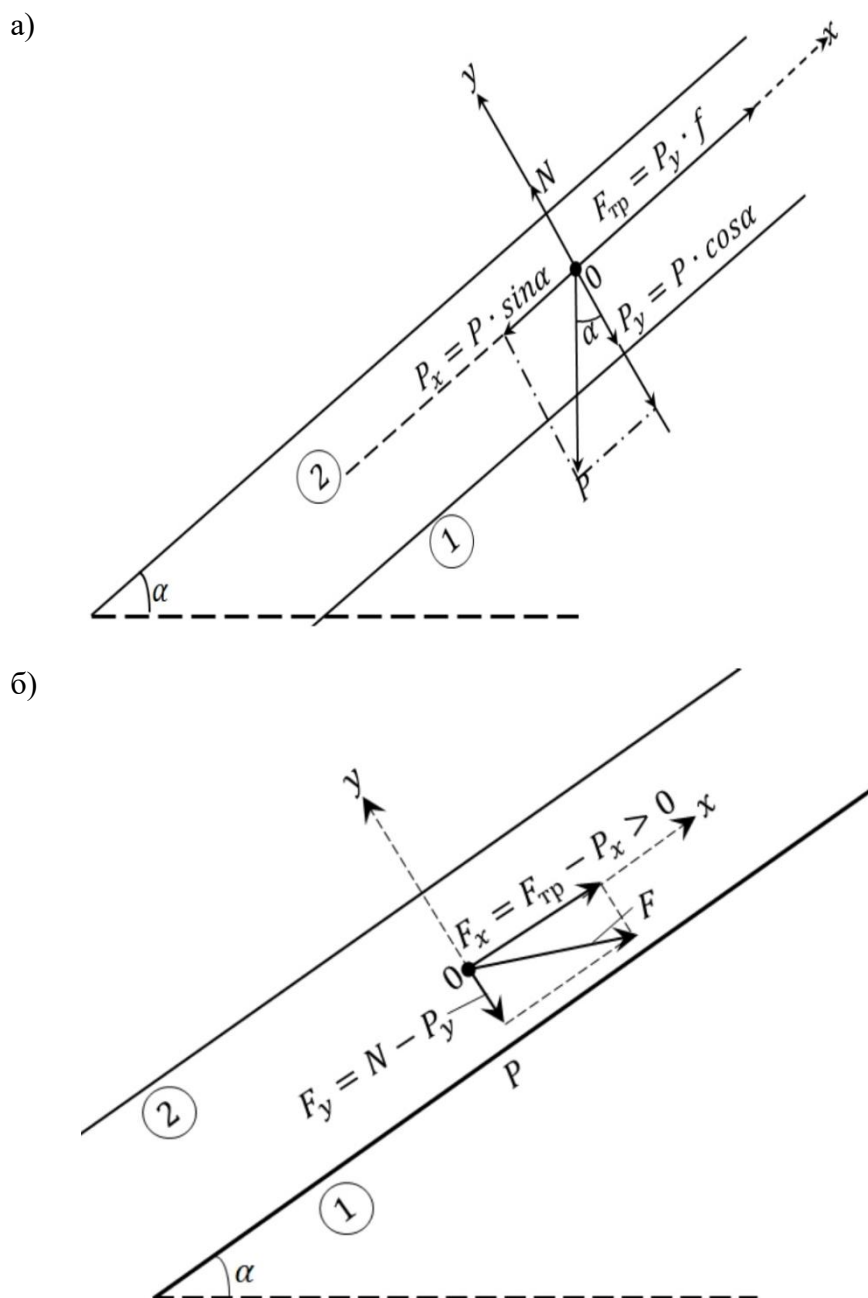


Рисунок 5 – Схема устойчивого склона: а) силы, действующие на толщу просадочного грунта; б) проекция всех сил на координатные оси x, y то есть силы F_x и F_y

Figure 5 – Diagram of a stable slope: a) the forces acting on the thickness of the subsidence soil; b) the projection of all forces on the coordinate axes x, y , that is, the forces F_x and F_y

Результаты

Из анализа устойчивости склона с просадочным грунтом (толщиной 15÷20 м) рекомендуется разработка просадочного грунта ступенчатым профилем вдоль склона для снижения веса и толщины просадочного грунта. Снятый грунт вывозится в отвал и

кавалеры на расстоянии до 5 км в сторону, расположенную рядом с сухим саем (руслом) и складывается вдоль речки в надлежащем порядке для последующего производства кирпича.

Для транспортировки разработанных грунтов на склонах предусматриваются бермы-дороги шириной до 5 м, а для отвода талых и дождевых вод возводятся монолитные железобетонные каналы ($R = 0,6$ м) вдоль соответствующих берм для снижения влажности просадочного грунта. Это приводит к увеличению коэффициента трения, что способствует устойчивости склона.

Проектом предусматривается разгрузка грунта начиная с верхней бровки водораздела, подверженного оползнию участка склона на площади более $110\,000\text{ м}^2$. Общий объем грунта, подлежащего разработке, составляет $1\,381\,713\text{ м}^3$.

Объем земляных работ подсчитан по данным, полученным на топографическом плане и измеренным продольным профилям участка местности. На рис. 6 показан план бермы-дороги после разработки и транспортировки грунта по проекту.

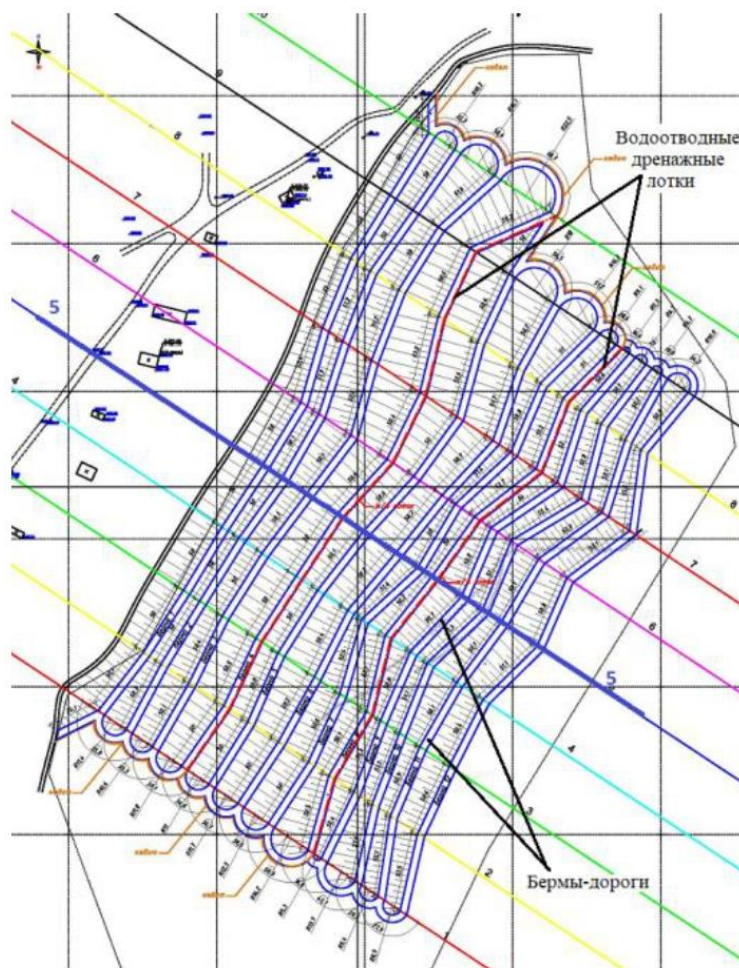


Рисунок 6 – План бермы-дороги и дренажных канав на оползневом участке

Figure 6 – The plan of the berm-road and drainage ditches on the landslide site

Водоотводные каналы и бермы-дороги в профиле имеют двухскатный вид с

уклоном от середины дороги к краям, их продольный уклон составляет около 2,5%. По краям данного участка предусматриваются поперечные монолитные железобетонные лотки, по которым вода будет стекать в низинные местности за пределами оползневого участка.

Все каналы возводятся из гидротехнического бетона класса В25 на гравийно-песчаной подушке толщиной 20 см. Для армирования применяются арматурные сетки длиной по 6 м и устанавливаются (наращиваются) внахлест. Арматурные сетки изготавливаются из арматуры марки АШ $\phi 12$ [18].

На рис. 7 показан дренажный железобетонный лоток.

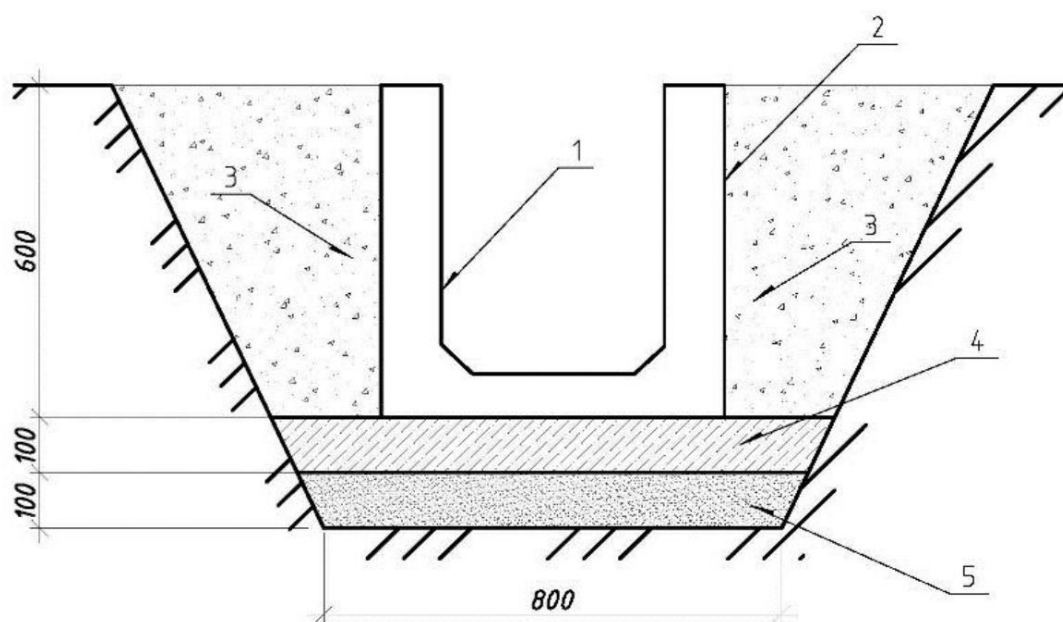


Рисунок 7 – Дорожный дренажный лоток: 1 – лоток по ГОСТ 32955-2014; 2 – битумная мастика; 3 – обратная засыпка; 4 – основание из бетона; 5 – подстилающий слой

Figure 7 – Road drainage tray: 1 – tray according to GOST 32955-2014; 2 – bitumen mastic; 3 – backfilling; 4 – concrete base; 5 – underlying layer

На рис. 8 показана схема привязки оползневого участка. Реперами локальной опорной сети служат марки на цоколе (Рп1) и на лестнице (Рп2) частных жилых домов. Координаты опорных точек: Рп1 – $X=523,58$ м, $Y=161,14$ м, $Z=1088,72$ м; координаты съезда 1 – $X=266,24$ м, $Y=90,22$ м, $Z=1091,20$ м; координаты Рп2 – $X=628,57$ м, $Y=246,92$ м, $Z=1091,06$ м; координаты съезда 2 – $X=700,00$ м, $Y=345,72$ м, $Z=1092,50$ м. Дирекционные углы: между Рп1 и съездом 1 – $\alpha_1=195^\circ$; между Рп2 и съездом 2 – $\alpha_2=54^\circ$. Расстояния: от Рп1 до съезда 1 – $L_1=266,9$ м; от Рп2 до съезда 2 – $L_2=121,9$ м.

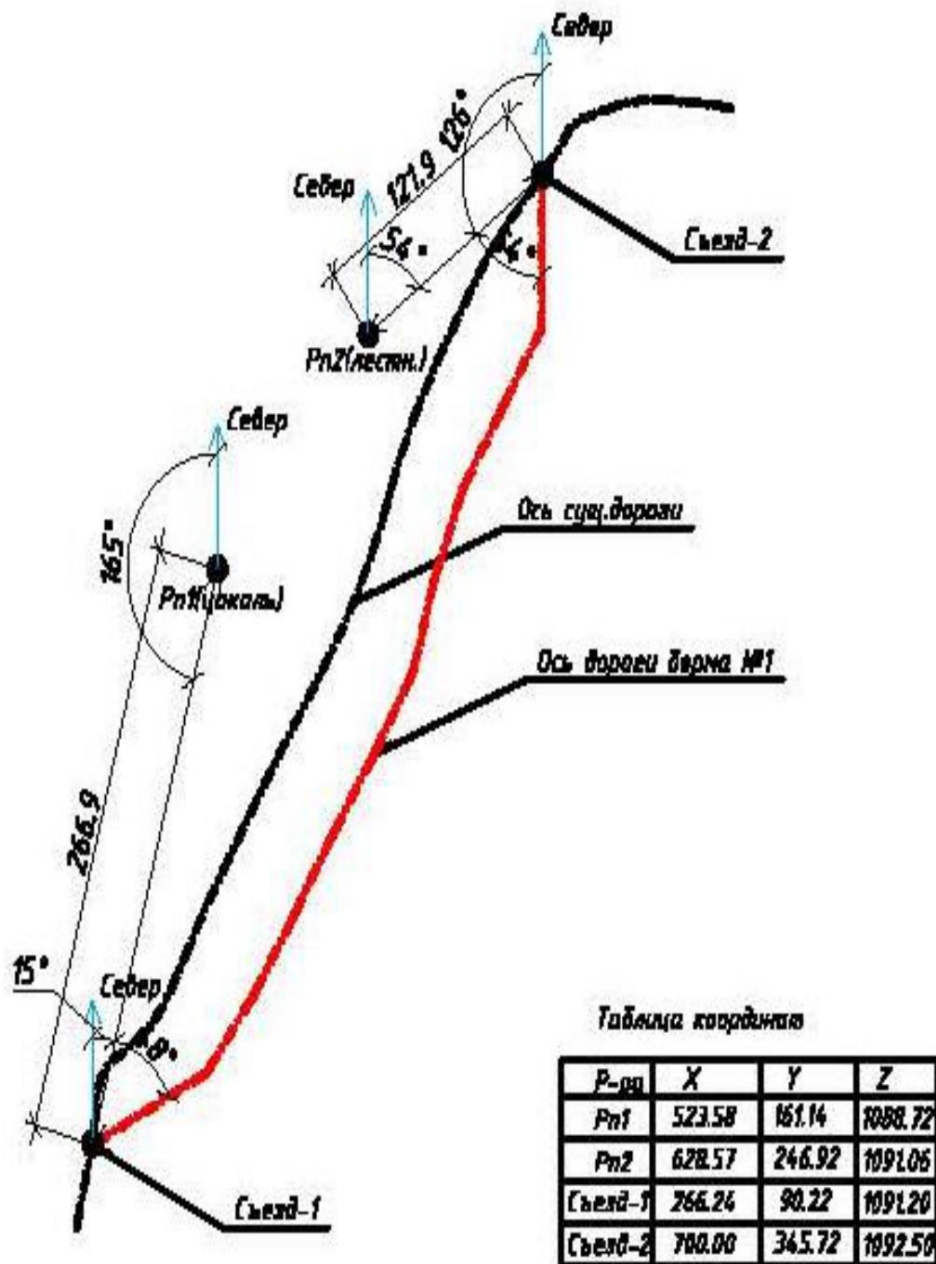


Рисунок 8 – Схема привязки оползневого участка к локальной опорной сети

Figure 8 – The scheme of linking the landslide site to the local reference network

В весенне-осенний период года во время интенсивных дождевых осадков, а также в зимнее время от таяния сезонных снегов поверхностные воды, поступающие сверху склона, отводятся специально устроенными канавами в сторону, чтобы они не попадали в просадочный грунт оползневой зоны.

Виды основных работ, которые будут производиться – это земляные работы, т.е. срезка почвенно-растительного слоя мощностью до 20 см, разработка самой массы грунта оползня мощностью от 5 до 30 м (в зависимости от рельефа местности), планировка местности (более 110 000 м²), устройство гравийно-песчаной подушки под

водоотводные каналы, возведение вышеуказанных монолитных железобетонных лотков.

Почвенно-растительный слой снимается, начиная с вершинной части разрабатываемого склона, экскаваторами с обратной лопатой. Далее снятый грунт погружается на автосамосвалы и вывозится на расстояние от 1 км до 5 км в пониженные места, с отвалом на ложбину сухих саев вдоль речки, на согласованные с местной администрацией территории. После завершения разгрузочных работ эти грунты следует использовать при рекультивационных мероприятиях [19, 20].

На рис. 9 представлен поперечный профиль средней части склона оползневого участка согласно проекту.

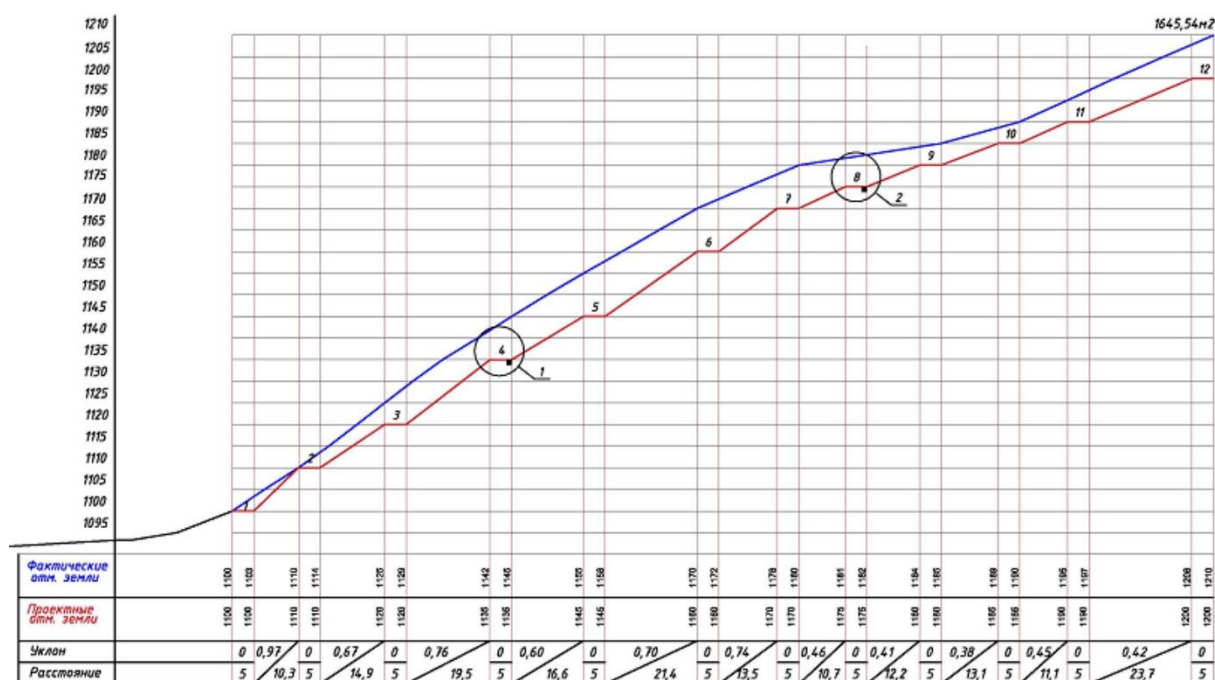


Рисунок 9 – Поперечный профиль оползневого участка по склону (разрез по сечению 5-5 на рис. 6).

Figure 9 – The transverse profile of the landslide section along the slope (section 5-5 in Fig. 6).

Грунты в местах отвала разравниваются с помощью бульдозеров. Разгружаемые грунты снимаются с вершинной части склона, чуть выше бровки срыва, где произошел отрыв оползневого тела от основной массы пород склона. При разработке грунтовой массы склона экскаватором выдерживается заложение откосов от $m=1,5$ в некоторых местах до $m=3,0$. Высота разработки составляет до $h=5,0$ м, с устройством бермы шириной $b=5,0$ м. В такой последовательности работы будут выполняться до конца разгрузки спроектированной толщины грунта.

На изучаемой местности имеются асфальтированные, а также частично полевые дороги, ведущие к проектируемому объекту. Все дороги находятся в хорошем состоянии и их можно использовать в любое сухое время года для доставки необходимых механизмов и материалов к месту строительства. Также на самом склоне

по усмотрению подрядной организации можно устраивать технологические съезды между бермами-дорогами.

Согласно СНиП 1.04.03-85 «Нормы продолжительности строительства» нормативная продолжительность вышеуказанных земляных и строительных работ составляет семь месяцев, включая подготовительный период.

При организации строительства и производстве работ подрядной организации следует предусмотреть необходимые мероприятия для минимизации отрицательного влияния на окружающую среду, недопущения загрязнения воздуха и воды, эрозии почвы, необоснованного уничтожения растительного покрова. При выполнении земляных работ и перевозке разрабатываемого грунта надо организовать поливку участка и дорог водой по необходимости. Строительная организация должна соблюдать действующие правила по контролю и уменьшению загрязнения речной воды согласно Закону Кыргызской Республики «Общий технический регламент по обеспечению экологической безопасности в Кыргызской Республике» (№ 151 от 8 мая 2009 года).

Бытовые и пищевые отходы должны собираться в соответствующие контейнеры и по мере их заполнения вывозиться на организованную свалку. При составлении плана строительной площадки предусмотреть установку временного контейнерного туалета и передвижной душевой на 2–3 человека. Душевую надо устроить с временной канализацией и ямой-антисептиком из сборных железобетонных колец для последующей утилизации с вывозом за пределы участка.

Подрядная строительная организация должна осуществлять строительную деятельность методами, предотвращающими попадание строительного мусора и других загрязнителей или отходов в водостоки и сухие русла рек. Отработанные масла и другие отходы нефтепродуктов и цистерны под них должны быть расположены не ближе 6,0 м от водостока и русла рек. Строительный мусор и другие загрязняющие окружающую среду отходы должны вывозиться только на согласованные с местными органами и частными сторонами санитарные территории.

Временные здания и сооружения строительной базы необходимо демонтировать и вывозить после завершения строительства. Вся поверхность почвы, поврежденная при выполнении земляных работ, должна быть рекультивирована с применением современных методов и технологий [19, 21, 22]. При разработке плана рекультивации необходимо обеспечить дальнейшее сельскохозяйственное использование земли с регулярным мониторингом состояния оползневого участка.

Выводы

В условиях существенного возрастания оползневой активности на территории Кыргызской Республики из-за изменения климата особую роль играет снижение риска оползней в населенных пунктах. Объем грунта при оползне в горных районах может достигать десятков и сотен тысяч кубических метров. Сползание большой массы грунта может вызвать значительные разрушения и завалы жилых, общественных и производственных зданий, инженерной инфраструктуры, трубопроводов и линий электропередачи. Очень часто происходят оползни с человеческими жертвами.

По результатам проведенных изысканий в ходе настоящих исследований можно говорить об отсутствии непосредственной угрозы от оползня для села Токтогул в краткосрочном периоде времени. Тем не менее, рекомендуется организация периодических наблюдений за состоянием устойчивости пород, слагающих верхнюю, водораздельную часть массива, особенно весной и осенью, когда выпадает наибольшее

количество осадков. Также необходимо проводить профилактические работы по ликвидации возможных путей проникновения поверхностных талых и ливневых вод на оползневый участок.

Из анализа устойчивости склона с просадочным грунтом рекомендуется разгрузка оползневой массы со снятием просадочного грунта для снижения ее веса и толщины с образованием ступенчатого профиля вдоль склона участка. Организуется вывоз снятого грунта в отвал и кавальеры на расстояние до 5 км в сторону расположенного рядом сухого русла речки с разравниванием в надлежащем порядке. Это объем грунта далее можно использовать для производства строительного кирпича.

Виды основных работ, которые будут производиться – это земляные работы, т.е. срезка почвенно-растительного слоя толщиной до 20 см, разработка самой массы грунта оползня мощностью до 30 м, планировка площади более 110 000 м² и устройство монолитных железобетонных водоотводных канав.

Подрядная строительная организация должна осуществлять строительную деятельность методами, предотвращающими попадание строительного мусора и других загрязнителей или отходов в водостоки и сухие русла рек. Отработанные масла и другие отходы нефтепродуктов и цистерны под них должны быть расположены не ближе 6 м от водостока и русла рек. Строительный мусор и другие загрязняющие окружающую среду отходы, должны вывозиться на согласованные с местными органами и частными сторонами санитарные территории.

По завершении строительных работ все временные здания и сооружения на местности необходимо демонтировать и вывезти. Особое внимание должно быть обращено к рекультивации и восстановлению разрушенного растительного слоя почвы для дальнейшего использования изученного участка для безопасного удовлетворения экономических и экологических потребностей местного сообщества.

Рекомендованные мероприятия по снижению воздействия оползня на близко расположенные здания и сооружения предотвращают оползни или уменьшают их воздействие.

Список литературы / References

1. MES KR (2021). Monitoring and Forecasting of Disasters on territory of the Kyrgyz Republic. Bishkek, Kyrgyzstan: Ministry of Emergency Situations of the Kyrgyz Republic.
2. Torgoev I.A. (2013). System monitoring landslides in Kyrgyzstan. *Civil Security Technology*, Vol. 10, 2013, no. 4 (38), 68–71.
3. Torgoev I., Alioshin Y.G., Torgoev A. (2013). Monitoring landslides in Kyrgyzstan. FOG – Freiberg Online Geoscience (pp. 130–139). Freiberg, Germany: TU Bergakademie Freiberg.
4. Vasilyev S.M., Akopyan A.V. (2016). Landslides and their manifestation on Rostov region territory. *Izvestia NV AUK*, 1 (41), 177–184.
5. Intrieri E., Carlà T., Gigli G. (2019). Forecasting the time of failure of landslides at slope-scale: A literature review. *Earth-science reviews*, 193, 333–349. DOI: 10.1016/j.earscirev.2019.03.019.
6. Guzzetti F., Peruccacci S., Rossi M., Clark C.P. The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows: an update. *Landslides*, 5, 3–17. DOI:10.1007/s10346-007-0112-1.
7. Lehmann P., Or D. (2012). Hydromechanical triggering of landslides: from progressive local failures to mass release. *Water Resources Research*, 48 (2): W03535.

8. Villarraga C., Ruiz D., Vaunat J., Casini F. (2014). Modelling landslides induced by rainfall: a coupled approach. *Procedia Earth Planet Sci* (pp. 222–228), 9. DOI: 10.1016/j.proeps.2014.06.025.
9. Lee R.W.H., Law R.H.C., Lo D.O.K. (2018). Importance of surface drainage management to slope performance, *HKIE Transactions*, 25:3, 182–191, DOI: 10.1080/1023697X.2018.1499449.
10. Choi K.Y., Cheung R.W.M. (2013). Landslide disaster prevention and mitigation through works in Hong Kong. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 5, 354–365. DOI: 10.1016/j.jrmge.2013.07.007.
11. Soils. Classification (2020). HOST 25100-2020 from January 1, 2021. Moscow: Standartinform.
12. Abdrakhmatov K.E., Djanuzakov K.D., Frolova A.G., Pogrebnoi V.N. (2011). Seismic zonation map of Kyrgyzstan. 1:1000000, 2011, IS NAC KR.
13. Seismic Resistant Construction. Design Standards (2018). SNiP KR 20-02:2018. Bishkek, Kyrgyzstan: State Institute of Seismic Resistant Construction and Engineering Design.
14. Engineering surveys for various types of construction (1998). SNiP KR 11-01-98. Bishkek, Kyrgyzstan: Kyrgyz Head Institute of Geotechnical Investigations.
15. Bezuglova E.V. (2005). Landslide hazard and soil displacement risk on the slopes (Dissertation of Candidate of Technical Sciences). Krasnodar, RF: Kuban State University.
16. Shadunz K. Sh. (2008). Analysis of a landslide process based on risk theory. *Science Journal of Volgograd State University*. 10 (29), 7–10.
17. Klyuev R.V., Bosikov I.I., Egorova E.V., Gavrina O. A. (2020). Assessment of mining-geological and mining technical conditions of the Severny pit with the use of mathematical models. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 3, 418–427. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-3-418-427.
18. Automobile roads of general use. Drainage road trays. Technical requirements (2016). HOST 32955-2014 from June 1, 2016. Moscow: Standartinform.
19. Voronchikhina E.A. (2010). Reclamation of disturbed landscapes: theory, technologies, regional aspects. Monography. Perm, RF: Perm State University.
20. Smetanin V.I. (2003). Reclamation and improvement of disturbed lands. Moscow, RF: Koloss. 89 с.
21. Gracheva R., Urushadze T. (2011). Landslides in a rural mountainous region: damaging and resourceforming impacts (South Caucasus, Georgia). *Geography, environment, sustainability*, 4. DOI:10.15356/2071-9388_01v04_2011_06.
22. Chuman T. (2015). Restoration Practices Used on Post Mining Sites and Industrial Deposits in the Czech Republic with an Example of Natural Restoration of Granodiorite Quarries and Spoil Heaps. *Journal of Landscape Ecology*, 8. DOI:10.1515/jlecol-2015-0007.

Информация об авторах/ Information about authors

Апсеметов Мухтар Чуканович, к.т.н., профессор кафедры «Автомобильные и железные дороги, мосты и тоннели» Кыргызского государственного технического университета (КГТУ) имени И.Раззакова. Бишкек, Кыргызская Республика muhtar.ap@mail.ru

Mukhtar Ch. Apsemetov, Cand. Sci. (Eng.), Professor of the “Highways, bridges and tunnels” Department, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov. Bishkek, Kyrgyz Republic

muhtar.ap@mail.ru

Айдаралиев Алтынбек Евгеньевич, к.т.н., доцент кафедры «Автомобильные и железные дороги, мосты и тоннели» Кыргызского государственного технического университета (КГТУ) имени И. Раззакова. Бишкек, Кыргызская Республика
aidalt@rambler.ru

Altynbek E. Aidaraliev, Cand. Sci. (Eng.), associate professor of the “Highways, bridges and tunnels” Department, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov. Bishkek, Kyrgyz Republic
aidalt@rambler.ru

Шекербеков Уланбек Турсунбекович, к.т.н., доцент кафедры «Автомобильные и железные дороги, мосты и тоннели» Кыргызского государственного технического университета (КГТУ) имени И. Раззакова. Бишкек, Кыргызская Республика
shkerbekov_ut@mail.ru

Shkerbekov Ulanbek T., Cand. Sci. (Eng.), associate professor of the Department “Highways, bridges and tunnels” Department, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov. Bishkek, Republic of Kyrgyzstan
shkerbekov_ut@mail.ru

Курманбек уулу Нурлан, к.т.н., доцент кафедры «Автомобильные и железные дороги, мосты и тоннели» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры (КГУСТА) имени Н. Исанова. Бишкек, Кыргызская Республика
Kurmanbekuulu@mail.ru

Kurmanbek uulu N., Cand. Sci. (Eng.), associate professor of the “Highways, bridges and tunnels” Department of Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov. Bishkek, Kyrgyz Republic
Kurmanbekuulu@mail.ru