

Оценка риска как мера повышения эффективности реализации геотехнического мониторинга на примере объекта в Южном федеральном округе / А.К. Рябухин, С.И. Маций, Е.В. Безуглова, Д.В. Лейер, Д.Г. Серый // *Construction and Geotechnics*. – 2024. – Т. 15, № 4. – С. 15–24. DOI: 10.15593/2224-9826/2024.4.02

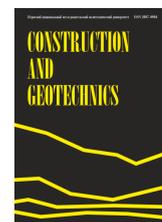
Ryabukhin A.K., Matsiy S.I., Bezuglova E.V., Leyer D.V., Seryi D.G. Risk assessment as a measure to increase the efficiency of geotechnical monitoring using the example of an object in the Southern federal district. *Construction and Geotechnics*. 2024. Vol. 15. No. 4. Pp. 15-24. DOI: 10.15593/2224-9826/2024.4.02



CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 15, № 4, 2024

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2024.4.02

УДК 69.059

## ОЦЕНКА РИСКА КАК МЕРА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТА В ЮЖНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

**А.К. Рябухин, С.И. Маций, Е.В. Безуглова, Д.В. Лейер, Д.Г. Серый**

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,  
Краснодар, Российская Федерация

### О СТАТЬЕ

Получена: 26 апреля 2024  
Одобрена: 12 сентября 2024  
Принята к публикации:  
05 ноября 2024

#### Ключевые слова:

строительство, оползень, устойчивость склона, сооружения, оценка риска.

### АННОТАЦИЯ

На примере объекта в Южном федеральном округе представлен анализ исходных данных по деформациям на участке, инженерно-геологическим условиям, геотехническому мониторингу и планируемых мероприятий инженерной защиты. Дано обоснование эффективности оценки риска ситуации до выполнения каких-либо инженерных проработок проектных решений.

© **Рябухин Александр Константинович** – кандидат технических наук, доцент, e-mail: r-a-k-1987@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5410-5965.

**Маций Сергей Иосифович** – доктор технических наук, профессор, e-mail: matsiy@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2410-2725.

**Безуглова Екатерина Вячеславовна** – доктор геолого-минералогических наук, доцент, e-mail: nebo7@list.ru.

**Лейер Дарья Валерьевна** – кандидат технических наук, доцент, e-mail: dasha\_leyer@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9893-030X.

**Серый Дмитрий Гаврилович** – кандидат технических наук, доцент, e-mail: seryi.d@kubsau.ru.

**Aleksandr K. Ryabukhin** – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: r-a-k-1987@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5410-5965.

**Sergey I. Matsiy** – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: matsiy@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2410-2725.

**Ekaterina V. Bezuglova** – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, e-mail: nebo7@list.ru.

**Daria V. Leyer** – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: dasha\_leyer@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9893-030X.

**Dmitriy G. Seryi** – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: seryi.d@kubsau.ru.



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## **RISK ASSESSMENT AS A MEASURE TO INCREASE THE EFFICIENCY OF GEOTECHNICAL MONITORING USING THE EXAMPLE OF AN OBJECT IN THE SOUTHERN FEDERAL DISTRICT**

**A.K. Ryabukhin, S.I. Matsiy, E.V. Bezuglova, D.V. Leyer, D.G. Seryi**

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

---

### ARTICLE INFO

Received: 26 April 2024  
Approved: 12 September 2024  
Accepted for publication:  
05 November 2024

---

#### Keywords:

construction, landslide, slope stability, structures, risk assessment.

---

### ABSTRACT

Using the example of an object in the Southern Federal District, an analysis of the initial data on deformations at the site, engineering-geological conditions, geotechnical monitoring and planned engineering protection measures is presented. A justification is given for the effectiveness of assessing the risk of the situation before performing any engineering studies of design solutions.

## **Введение**

При строительстве автомобильной дороги М-4 «Дон» на участке предусмотрено устройство водоперепускных сооружений. Водоперепускное сооружение № 1 расположено на небольшом расстоянии от местного проезда. На время производства работ выполнено устройство резервуара ниже отметок проезда и ниже отметок расположенного в непосредственной близости по этой же улице жилого двухэтажного дома (рис. 1). При этом в верхней части откоса резервуара образовалась трещина в грунте, что, по ряду мнений, могло быть вызвано влиянием строительства.

В соответствии с результатами исследования сейсмического микрорайонирования в пределах участка автодороги исходная сейсмичность района строительства трассы по карте ОСР-97-А составляет 5 баллов, и на основании нормативных документов данный участок не рассматривается в качестве сейсмоопасного. Несмотря на это, для мониторинга развития ситуации были установлены наблюдательные марки по периметру резервуара, а также на конструкции жилого дома в количестве 42 шт. (на конструкции дома 3 шт.). Мониторинг за потенциально опасным участком начал выполняться с реперов, которые не подвергаются воздействию от движения строительно-дорожных машин и выполнения строительно-монтажных работ. Далее в дополнение к изысканиям было выполнено бурение 9 скважин с построением инженерно-геологического разреза и выполнением комплекса лабораторных и камеральных работ.

В ходе выполнения дополнительных изысканий, геотехнического мониторинга и его анализа разрабатывались различные варианты усиления склона. Все решения обсуждались на технических советах заказчика, но никак не утверждались в связи с расхождением мнений. В результате к вопросу были привлечены сотрудники из числа авторов данной статьи.

Таким образом, объектом исследования являются оползневые процессы на объектах строительства и геотехнический мониторинг [1–3]. Предмет исследований – технические решения по стабилизации оползневых процессов, принимаемые по результатам геотехнического мониторинга на аварийных объектах.

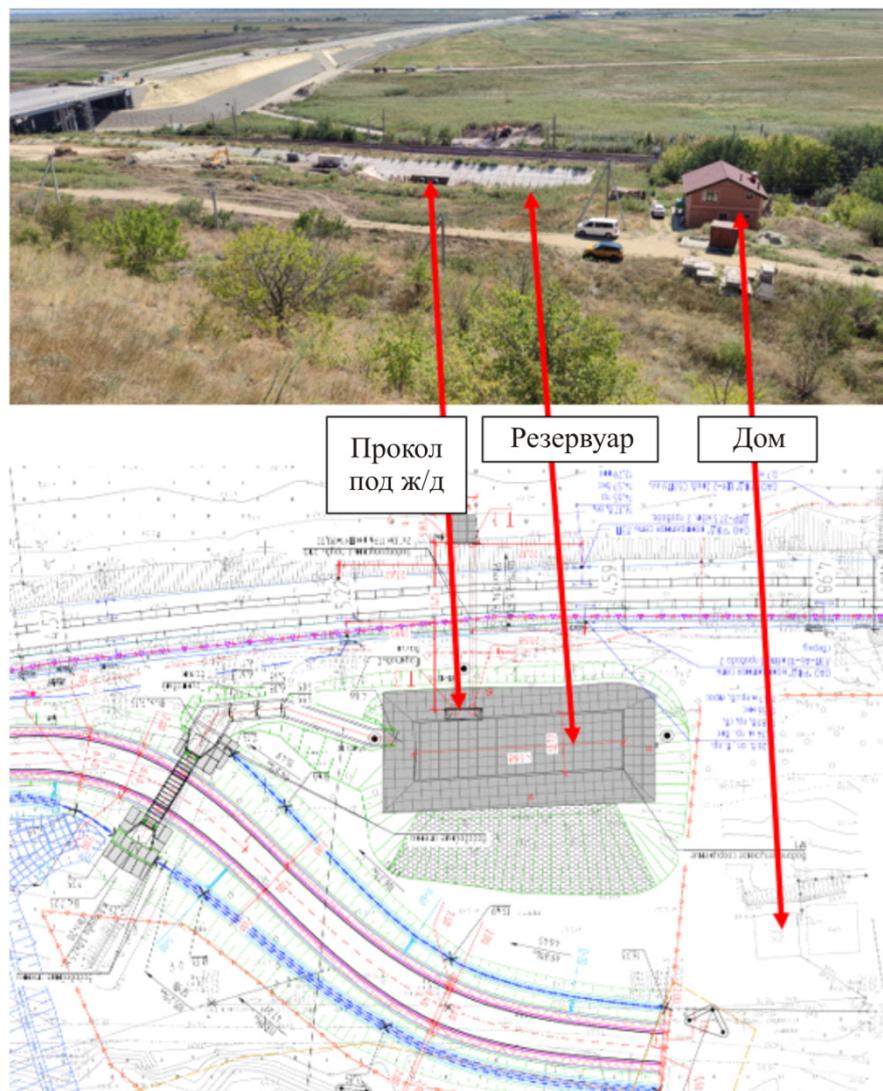


Рис. 1. Сопоставление с планом из рабочей документации  
Fig. 1. Comparison with the plan from the working documentation

### Методика эксперимента и теоретические подходы

В ходе работы были выполнены сбор, изучение и систематизация материалов изысканий [4] участка строительства, рассмотрение и анализ технических решений по увеличению устойчивости грунтового массива, анализ и интерпретация данных геотехнического мониторинга [5], расчеты устойчивости склона.

Расчеты устойчивости выполнены методом предельного равновесия Morgenstern – Price, Bishop и Janbu в соответствии с СП 116.13330.2012 с помощью геотехнического программного комплекса GeoStudio. Характеристики условий строительства приведены по материалам инженерно-геологических изысканий. Для расчетной схемы выполнена генерализация инженерно-геологических разреза [6], полученного в ходе изысканий (упрощена геометрия склона, удалены несущественные элементы).

Расчеты устойчивости в соответствии с СП 116.13330.2012 выполняются исходя из условия:

$$k_{st} \geq [k_{st}],$$

где  $k_{st}$  – расчетное значение коэффициента устойчивости, определяемое как отношение удерживающих сил (моментов)  $R$ , действующих вдоль линии скольжения, к сдвигающим силам (моментам)  $F$ ;  $[k_{st}]$  – нормированное значение коэффициента устойчивости склона (откоса), определяемое по формуле

$$[k_{st}] = \gamma_n \cdot \psi / \gamma_d,$$

$\psi$  – коэффициент сочетания нагрузок, принимаемый: для основного сочетания нагрузок  $\psi = 1,0$ ; для временного сочетания нагрузок  $\psi = 0,95$ ;  $\gamma_n$  – коэффициент надежности по ответственности сооружения, принимаемый для сооружений нормального уровня ответственности  $\gamma_n = 1,15$ ;  $\gamma_d$  – коэффициент условий работы, принимаемый  $\gamma_d = 0,90$ .

Приняты следующие нормативные коэффициенты устойчивости:

- для основного сочетания нагрузок  $[k_{st}] = 1,28$ ;
- временного сочетания нагрузок  $[k_{st}] = 1,21$ .

При расчете нагрузки от подвижного транспорта согласно п. А.2 ГОСТ 32960–2014 применяется коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f = 1,0$ .

В расчетах элементов конструкций принимались нагрузки от собственного веса грунта и нагрузки от подвижного транспорта, рассчитанные согласно ГОСТ 32960–2014 и составляющие 75,6 кПа.

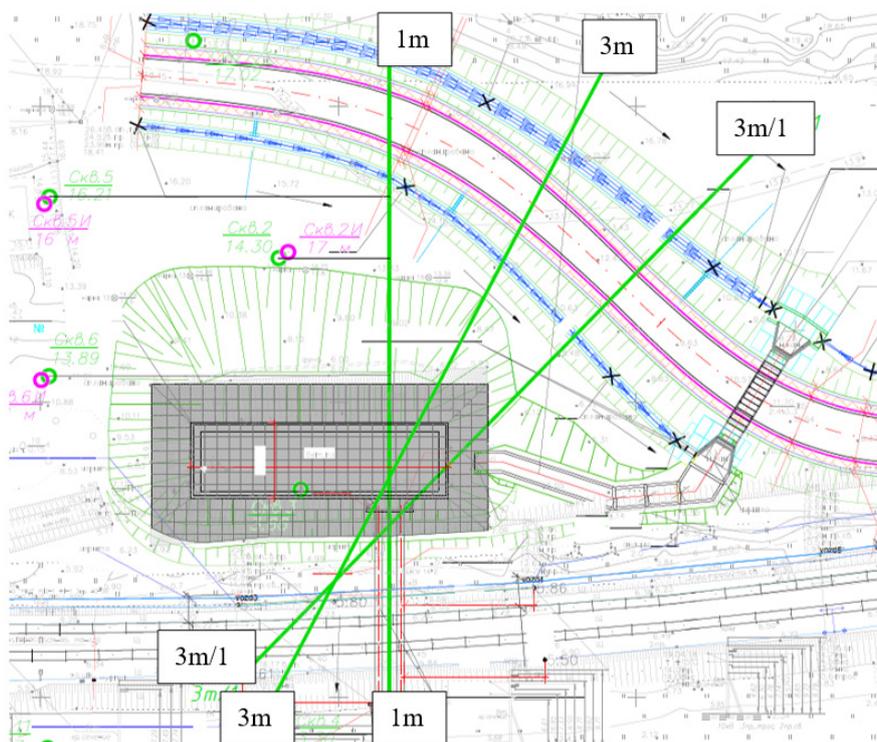


Рис. 2. Схема расположения расчетных сечений

Fig. 2. Layout of design sections

Для определения коэффициентов устойчивости откоса резервуара были выполнены расчеты в трех наиболее опасных сечениях (рис. 2): 1m-1m – по склону в створе водосбросной трубы (прокола под железной дорогой); 3m-3m и 3m/1-3m/1 – в створе водосбросной трубы (прокола под железной дорогой) и участками, где проектируемая дорога максимально близко подходит к откосу резервуара.

## Результаты и обсуждение

По результатам выполненного обследования установлено, что характерные для оползневых участков деформации склона типа выпора грунта в нижней части, различных водопроявлений и пр., кроме трещины в верхней части откоса резервуара, не выявлены. Весь склон обильно зарос сорняковой растительностью. Вибрация от железнодорожных составов оказывает значительное влияние на инженерно-геологическую ситуацию на этом участке, однако на момент обследования видимых деформаций жилого дома от данного фактора нет [7, 8]. Причиной образования трещины в верхней части откоса резервуара может быть как разная усадка грунта из-за разной скорости фильтрации воды на участках с крутым и пологим склоном, так и изменение водного режима грунтов основания склона с последующим началом формирования оползневых процессов, когда резервуар находился в заполненном состоянии [9]. Фундамент здания выполнен в виде ленточного на склоне, что недопустимо [10, 11]. Зона влияния резервуара не распространяется на здание.

Результаты изысканий за период с 2014 по 2021 г. не могут использоваться при принятии проектных решений ввиду отсутствия специализированных изысканий на конкретном участке и невозможности сопоставления с актуализированными данными, а также истекшего срока давности изысканий. Дополнительных инженерно-геологических изысканий, выполненных в 2022 г., недостаточно для принятия технических решений на откосе при классификации его как оползневого.

Согласно поступавшим ранее предложениям мероприятия по повышению устойчивости откоса представляют собой в основном усиление склона грунтовыми анкерами [12] (200 млн руб.) либо сооружение из железобетонных [13, 14] буронабивных свай (500 млн руб.). Однако при выполнении работ по самому первому предложенному варианту, засыпке части резервуара [15], согласно расчетам, коэффициент устойчивости значительно выше нормативных значений, что приводит к нецелесообразности рассмотрения и разработки дальнейших технических решений.

По результатам анализа данных геотехнического мониторинга, измерения перемещений геодезических марок, программа мониторинга (расположение инклинометрических скважин) на участке и интерпретация данных наблюдений за инклинометрическими скважинами некорректны.

При выполнении расчетов устойчивости склона были учтены следующие расчетные ситуации:

- 1) склон в естественном состоянии на настоящий момент;
- 2) выполняется планировка для устройства автомобильной дороги по проекту и добавляется соответствующая транспортная нагрузка;
- 3) выполняется засыпка резервуара по предлагаемому варианту.

Установлено, что наиболее опасным является сечение 1m-1m, проходящее по склону в створе водосбросной трубы (прокола под железной дорогой). Также установлено, что устройство автодороги по проекту практически никак не сказывается и не снижает коэффициент устойчивости. В данных расчетных ситуациях коэффициенты устойчивости больше 1,0, но меньше нормативных значений 1,21 – на период строительства и 1,28 – на период эксплуатации (рис. 3).

При моделировании ситуации с обратной засыпкой резервуара устойчивость склона во всех расчетных ситуациях выше нормативных значений, что свидетельствует об эффек-

тивности и достаточности предлагаемых мероприятий. Таким образом, в качестве рекомендуемого решения предлагалось поднять железобетонный колодец в зоне прокола под железной дорогой и засыпать весь резервуар с соответствующим уклоном откоса и его защитой противоэрозионными материалами. Размеры колодца необходимо принимать по соответствующему гидравлическому расчету, учитывая площадь водосбора с участка и пропускную способность труб прокола под железной дорогой.

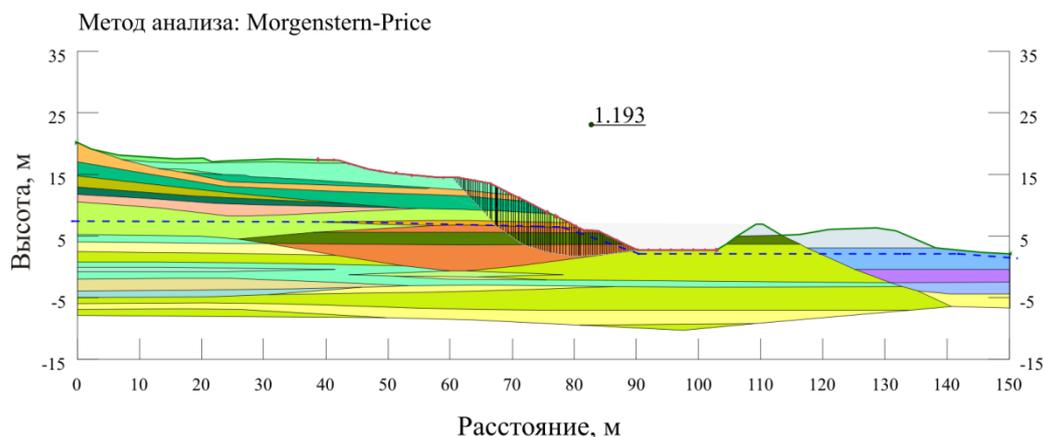


Рис. 3. Расчет устойчивости откоса в сечении 1м-1м в текущем состоянии. Метод анализа: Morgenstern – Прайса  
Fig. 3. Calculation of slope stability in section 1m-1m in its current state. Method of analysis: Morgenstern-Price

После выдачи рекомендаций работа была прекращена ориентировочно на год. При этом специалисты других организаций по-прежнему не оставляли попыток внедрения противооползневых мероприятий на данном участке, вызывая озабоченность заказчика. В связи с этим в качестве экспертов вновь были привлечены сотрудники из числа авторов данной статьи. Было принято решение провести оценку риска потенциального развития геотехнической ситуации на этом участке.

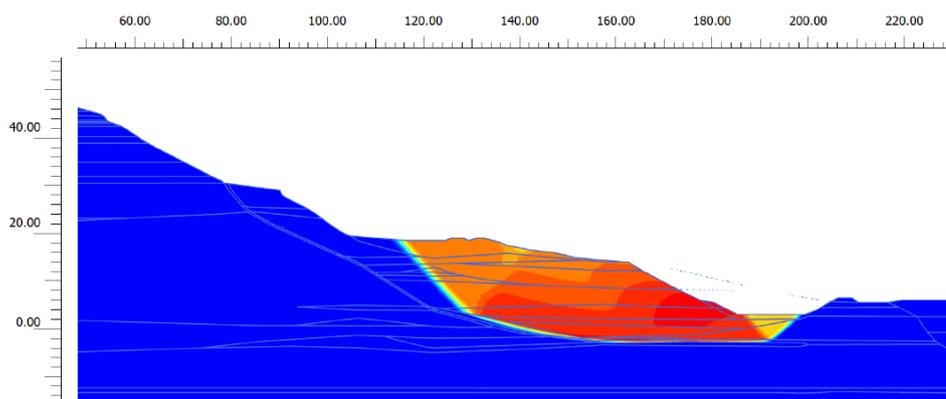


Рис. 4. Гипотетически возможный вовлекаемый в смещение массив грунта  
Fig. 4. Hypothetically possible soil mass involved in displacement

Инженерная защита – это надежное техническое решение и, как правило, очень дорогое. Всегда нужно оценивать стоимость инженерной защиты и потенциальный ущерб, который может нанести оползень, если инженерную защиту не выполнять. Для этого смодели-

лирована ситуация, что оползень все-таки сошел по прогнозным поверхностям скольжения (рис. 4) и масса сползшего грунта перераспределилась по склону различными возможными вариантами (рис. 5).

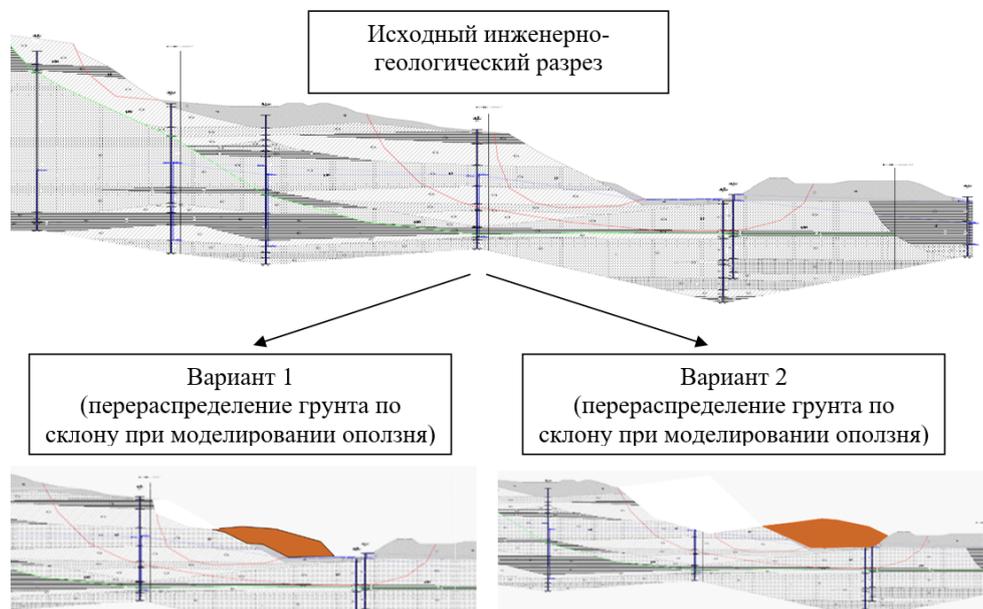


Рис. 5. Моделирование ситуации активизации оползня по прогнозным поверхностям скольжения с распределением массы сползшего грунта по склону различными возможными вариантами  
Fig. 5. Modeling the situation of landslide activation using predicted sliding surfaces with the distribution of the mass of slid soil along the slope using various possible options

Базис оползня на схеме находится в резервуаре у бровки насыпи железной дороги. Если бы за железной дорогой дальше продолжался склон, то возможно и существовала вероятность смещения железной дороги. Но там расположена пойма реки – бесконечный несдвигаемый расчетный блок, а начало его – это насыпь железной дороги, которая является упором, ограничителем потенциальных смещений в рассматриваемом расчетном сечении. По геометрической схеме склона и расположению инженерно-геологических слоев, потенциальной оползневой массе физически невозможно выдавить, сдвинуть или еще как-то повлиять на насыпь железной дороги. Как итог, оползневая масса заполнит резервуар до откоса насыпи железной дороги и склон станет более пологим. После такого развития ситуации выполнение планировочных работ на уже пологом склоне, устройство озеленения и облагораживания откоса насыпи железной дороги оценивается в сумму от 5 до 10 млн руб. Устройство же предлагаемой инженерной защиты на этом участке оценивается предварительно в сумму от 220 до 500 млн руб. Таким образом, устранение последствий возможного оползня будет стоить в 20–50 раз дешевле, чем его предотвращение.

## Выводы

Оползень – это проблема, а не клад, который нужно «искать» всеми известными методами, подключая геодезические марки и инклинометрию. Если оползень развивается и проблема существует, то это увидит даже не специалист. «Пьяный лес», оползневые уступы, бровки срыва, выпор грунта и пр. – все это в совокупности говорит о проявлении реальных

оползневых процессов. Проблему на обозначенном участке «обнаружили», но критических изменений склона не происходило, подтверждения «оползня» не было. После этого были залповые аномальные дожди, произошло землетрясение в Турции, прошла зима, а «оползень» по-прежнему приходилось «обнаруживать», но он никак не проявлялся. На автодороге М-27 Джубга – Сочи практически каждый затяжной ливень провоцирует оползневые подвижки. Если бы на участке в районе резервуара существовала такая проблема, то она бы уже давно проявилась, а не вызывала сомнения у специалистов различных организаций.

В решении сложных геотехнических задач необходимо учитывать совокупность множества факторов. В частности, необходимо принимать управленческие решения, опираясь на оценку риска. Так, на рассматриваемом объекте в Южном федеральном округе удалось избежать нецелесообразного расходования средств на выполнение серьезных мероприятий по инженерной защите участка, а наиболее технически и экономически эффективным стало простое решение по засыпке резервуара.

***Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.*

***Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

***Вклад авторов.** Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации.*

## **Библиографический список**

1. Маций, С.И. Мониторинг и моделирование оползневых процессов на примере города Сочи / С.И. Маций, Д.В. Лейер, Е.В. Безуглова // Научные исследования и разработки. Строительство и архитектура. – 2013. – Т. 1, № 1. – С. 54–61. DOI: 10.12737/342
2. Практика проведения геотехнического мониторинга при строительстве автомобильных тоннелей «Дублера курортного проспекта» в г. Сочи / В.А. Лесной, С.И. Маций, Д.В. Лейер [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 120. – С. 449–465.
3. Маций, С.И. Актуальные проблемы совершенствования нормативной базы в области инженерной защиты / С.И. Маций, В.Г. Федоровский, А.К. Рябухин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2019. – № 4. – С. 25–29.
4. Инженерно-экологические изыскания, необходимые при проведении капитального строительства / В.М. Маслова, А.А. Руденко, В.О. Орехов, В.А. Ветров // Экология и безопасность жизнедеятельности: сб. ст. XIX Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 10–11 декабря 2019 г. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2019. – С. 188–191.
5. Любарский, Н.Н. Полуколичественная оценка риска оползневых склонов автомобильных дорог в Краснодарском крае: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.Н. Любарский. – Волгоград, 2012. – 24 с.
6. Любарский, Н.Н. Оценка влияния моделей грунтов на результаты расчетов удерживающих сооружений на оползневом участке автомобильной дороги в районе г. Сочи / Н.Н. Любарский, Д.В. Лейер, Д.Г. Серый // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. – 2022. – № 2(57). – С. 45–53.
7. Peresykin, E.N. To determination of stresses in the stretched armature of extracredly compressed elements in the limit condition / E.N. Peresykin, S.E. Peresykin // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 974. – P. 556–563. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.556

8. Peresyppkin, E.N. Determination of coefficients for defining the deformations when calculating reinforced concrete structures on deformation and cracking disclosure / E.N. Peresyppkin, S.E. Peresyppkin // *Materials Science Forum*. – 2019. – Vol. 974. – P. 564–569. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.564

9. Analysis of Impact of Urbanization Development on the Deterioration of Ecological State of Rivers / M.A. Bandurin, I.A. Prikhodko, I.P. Bandurina, A.A. Rudenko // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Virtual, Online, 10–12 January 2022. – 2022. – P. 042044. DOI 10.1088/1755-1315/988/4/042044

10. Пересыпкин, С.Е. Масштабный фактор при растяжении и изгибе бетонных элементов / С.Е. Пересыпкин, Е.Н. Пересыпкин, Ю.Н. Пузанков // *Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура*. – 1985. – № 12. – С. 1.

11. Мирсоянов, В.Н. О взаимосвязи упруго-пластических свойств бетона с его стойкостью / В.Н. Мирсоянов, В.В. Братошевская, Р.В. Мирсоянов // *Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ»*. – 2016. – № 8. – С. 33–41.

12. Сердюченко, В.М. Закрепление грунтов основания методом инъектирования / В.М. Сердюченко, А.А. Руденко, М.В. Чумак // *Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений: сб. науч. тр. 4-й Всерос. науч.-практ. конф., Курск, 22 ноября 2022 г.* – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 482–485. DOI: 10.47581/2022/PGS-19/Chumak.01

13. Bratoshevskaya, V.V. On the relationship between the structural form of concrete and its resistance / V.V. Bratoshevskaya, V.N. Mirsoyanov // *Materials Science Forum*. – 2019. – Vol. 974. – P. 373–378. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.373

14. Bratoshevskaya, V. Study of the relationship between concrete and its reinforcement elastic-plastic characteristics / V. Bratoshevskaya // *Materials Science Forum*. – 2021. – Vol. 1043. – P. 109–114. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1043.109

15. Мариничев, М.Б. Геотехнические задачи при рекультивации полигонов твердых бытовых отходов / М.Б. Мариничев, А.Ю. Маршалка // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. – 2012. – № 5. – С. 19–21.

## References

1. Matsiy S.I., Leyer D.V., Bezuglova E.V. Monitoring and modeling of landslide processes using the example of the city of Sochi. *Research and development. Construction and architecture*, 2013, vol. 1, no. 1, pp. 54-61. DOI 10.12737/342.

2. Lesnoy V.A. [et all.]. Practice of geotechnical monitoring during the construction of road tunnels «Dublera Kurortnogo Prospekt» in Sochi // *Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University*, 2016, no. 120, pp. 449-465.

3. Matsiy S.I., Fedorovskiy V.G., Ryabukhin A.K. Current problems of improving the regulatory framework in the field of engineering protection. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 2019, no. 4, pp. 25-29.

4. Maslova V.M., Rudenko A.A., Orehov V.O., Vetrov V.A. Engineering and environmental surveys required during capital construction. *Ecology and life safety: collection of articles of the XIX International Scientific and Practical Conference, Penza, December 10–11, 2019*. Penza, Penza State Agrarian University, 2019, pp. 188-191.

5. Lyubarskiy N.N. Semi-quantitative assessment of the risk of landslide slopes of highways in the Krasnodar region. Abstract of Ph. D. thesis. Volgograd, 2012, 24 p.

6. Lyubarskiy N.N., Leyer D.V., Seryi D.G. Assessment of the influence of soil models on the results of calculations of retaining structures on a landslide section of a highway in the Sochi region. *Natural and man-made risks. Safety of structures*, 2022, no. 2(57), pp. 45-53.
7. Peresyphkin E.N., Peresyphkin S.E. To determination of stresses in the stretched armature of extracredly compressed elements in the limit condition. *Materials Science Forum*, 2019, vol. 974, pp. 556-563. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.556.
8. Peresyphkin E.N., Peresyphkin S.E. Determination of coefficients for defining the deformations when calculating reinforced concrete structures on deformation and cracking disclosure. *Materials Science Forum*, 2019, vol. 974, pp. 564-569. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.564.
9. Bandurin M.A., Prikhodko I.A., Bandurina I.P., Rudenko A.A. Analysis of impact of urbanization development on the deterioration of ecological state of rivers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, p. 042044. DOI: 10.1088/1755-1315/988/4/042044.
10. Peresyphkin S.E., Peresyphkin E.N., Puzankov Y.N. Scale factor in tension and bending of concrete elements. *News of higher educational institutions. Construction and architecture*, 1985, no. 12, p. 1.
11. Mirsoyanov V.N., Bratoshevskaya V.V., Mirsoyanov R.V. On the relationship between the elastic-plastic properties of concrete and its durability. *Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU»*, 2016, no. 8, pp. 33-41.
12. Serdyuchenko V.M., Rudenko A.A., Chumak M.V. Consolidation of foundation soils by injection. *Innovative methods for designing building structures of buildings and structures: collection of scientific papers of the 4th All-Russian scientific -practical conference, Kursk, November 22, 2022*. Kursk, Southwestern State University, 2022, pp. 482-485. DOI: 10.47581/2022/PGS-19/Chumak.01.
13. Bratoshevskaya V.V., Mirsoyanov V.N. On the relationship between the structural form of concrete and its resistance. *Materials Science Forum*, 2019, vol. 974, pp. 373-378. DOI :10.4028/www.scientific.net/MSF.974.373.
14. Bratoshevskaya V. Study of the relationship between concrete and its reinforcement elastic-plastic characteristics. *Materials Science Forum*, 2021, vol. 1043, pp. 109-114. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1043.109.
15. Marinichev M.B., Marshalka A.Y. Geotechnical problems in the reclamation of solid waste landfills. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 2012, no. 5, pp. 19-21.