

ВЛИЯНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Т. Ю. Хаширова¹, доктор технических наук

З. Г. Ламердонов², доктор технических наук

У. Р. Сидаравичуте³, магистрант

¹Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, г. Нальчик, Россия

²Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова,
г. Нальчик, Россия

³Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

Аннотация. При реализации мероприятий по инженерной защите сельскохозяйственных угодий от оползневой опасности в Анапском р-не Краснодарского края при строительстве дороги М-25 Новороссийск – Керчь в процессе строительства противооползневых сооружений были зафиксированы незапланированные деформации конструкций. Проведение дополнительных инженерно-мелиоративных изысканий выявило наличие нефтяных включений в грунтовом массиве, что существенно ухудшило его физико-механические и, что особенно важно для агроландшафтов, водно-физические свойства. На основе скорректированных расчетных характеристик грунта (сцепление, угол внутреннего трения) разработана и реализована конструктивная схема усиления склона с применением буронабивных свай, заглубленных в устойчивые коренные породы. Данное инженерное решение обеспечило не только стабилизацию оползневого склона, но и эффективную защиту значительного участка ценных сельскохозяйственных земель, сохранив их продуктивность и предотвратив деградацию агроландшафта.

Ключевые слова: защита территорий, оползень, устойчивость, нефтепроявления, изыскания, агроландшафт.

T. Yu. Khashirova, Z. G. Lamerdonov, U. R. Sidaravichute.

THE INFLUENCE OF PETROLEUM PRODUCT INCLUSIONS TO THE STABILITY OF LANDSLIDE PROTECTION STRUCTURES

Abstract. During the implementation of measures for the engineering protection of agricultural land from landslide danger in the Anapa district of the Krasnodar Krai during the construction of the M-25 Novorossiysk – Kerch road, unplanned deformations of the structures were recorded during the construction of anti-landslide structures. Additional engineering and reclamation surveys revealed the presence of oil inclusions in the soil massif, which significantly worsened its physical and mechanical and, which is especially important for agrolandscapes, water and physical properties. Based on the corrected design characteristics of the soil (adhesion, angle of internal friction), a structural scheme for strengthening the slope using bored piles buried in stable bedrock was developed and implemented. This engineering solution ensured not only the stabilization of the landslide slope, but also the effective protection of a significant area of valuable agricultural land, preserving their productivity and preventing the degradation of the agro-landscape.

Keywords: protection of territories, landslide, stability, oil shows, refinement, agricultural landscape.

Введение

В настоящее время при развитии агломераций и транспортной инфраструктуры в Краснодарском крае (Сочинский, Туапсинский, Анапский и другие районы), Республике Крым, Северной Осетии – Алании и других регионах осваиваются земли со сложным рельефом, включая склоновые территории, имеющие высокую сельскохозяйственную ценность для

виноградарства, садоводства и растениеводства [1]. Принятие проектных решений на таких территориях требует обязательной оценки устойчивости склонов, под которой понимается способность грунтовых массивов сохранять свою форму и положение во времени в условиях мелиоративного и инфраструктурного освоения [2, 3].

Материалы и методы исследований

После выполнения строительно-мелиоративных работ и возведения защитных сооружений в Анапском р-не мониторинговый контроль выявил критические деформации подпорных конструкций (рис. 1). Дополнительные исследования установили наличие в геологическом разрезе месторождений нефти, природного газа, песчаника и известняка, что существенно влияет на гидрогеологические условия и устойчивость склонов, формируя риски для защитных мелиоративных систем и сельскохозяйственных угодий.

Склоновые земли, используемые в сельском хозяйстве, характеризуются повышенной сложностью в части таких нагрузок и природных факторов, как атмосферные осадки, высокая сейс-

мичность (до 8 баллов), дефляция, дефлюкция, а также частичное или полное отсутствие растительного покрова, что снижает противозерозивную устойчивость агроландшафтов [3].

По результатам инженерно-геологических изысканий в 2022 г. установлено, что практически по всем скважинам в глинистых толщах грунтов фиксируются признаки нефтеносности по слоистости. Коллекторами служат тонкие прослои песчаников. Грунты обладают специфическими нефтяными летучими компонентами. При проведении буровых работ вдоль автодорог была нарушена естественная изоляция нефтеносных прослоев, что привело к миграции флюидов и повышению риска загрязнения почв и водных объектов (рис. 2) [5].



а

б

Рис. 1. Деформации грунта и сооружения

а – сдвиг защитного инженерного сооружения по стыковочному шву;

б – трещина отрыва в голове оползневого очага на удалении 5–6 м от автодороги; раскрытие до 5 см



Рис. 2. Разлив нефти при бурении геологической скважины ПК36+54,68 М-25

Наличие нефти в грунтах повышает их пластичность и снижает прочностные характеристики, что в сочетании с неблагоприятными гидрометеорологическими условиями может существенно влиять на общую устойчивость склона и эффективность мелиоративных систем. Отсутствие растительного покрова многократно увеличивает вероятность развития эрозионных и оползневых процессов, угрожающих сельскохозяйственным землям.

На участке распространены такие опасные инженерно-геологические процессы, как подтопление и сейсмичность. Уточненная после сейсморазведочных работ сейсмическая опасность оценивается в 8 баллов, что требует специальных решений при проектировании мелиоративных и защитных сооружений. Территория давно и интенсивно используется в сельском хозяйстве (виноградарство, садоводство, зерновые культуры). В этой связи в проектную документацию обязательно включаются мероприятия по охране земель сельскохозяйственного назначения и восстановлению агроландшафтов. Проект должен учитывать особенности строительно-мелиоративного производства и рекомендовать компенсационные мероприятия (лесомелиорацию, рекультивацию земель, создание противоэрозионных покрытий).

Оценку устойчивости склонов проводят при крутизне от 10° с целью обоснования проектных решений по защите сельскохозяйственных земель, безопасной эксплуатации мелиоративных систем, линейных объектов и сооружений на сложном рельефе [6, 7]. В условиях района г. Сочи и Южного берега Крыма, где важно сохранить природный ландшафт и сельскохозяйственный потенциал, применение террасирования часто ограничено. В таких случаях детальная оценка устойчивости склонов и разработка специализированных проектных решений по стабилизации, включая биомелиоративные и дренажные мероприятия, делают возможным хозяйственное освоение территорий без ущерба для агроэкосистем [8].

Отсутствие унифицированной методики расчета устойчивости склонов в контексте мелиоративного строительства и защиты сельскохозяйственных земель вызвано разнообразием опасных геологических процессов,

различиями в математических подходах к оценке устойчивости и вариативностью исходных данных изысканий [9]. Например, при проектировании мелиоративных систем на склонах, сложенных однородными грунтами (включая искусственные насыпи сельскохозяйственного назначения), рационально применять методы круглоцилиндрических поверхностей скольжения (метод предельного равновесия А. У. Бишоп и аналоги, основанные на равновесии моментов) [10]. В случае неоднородного строения грунтового массива, характерного для многих агроландшафтов, предпочтительно использовать методы, учитывающие равновесие и сил, и моментов. Если прогнозирование формы гравитационных процессов затруднено или выявлены различные механизмы нарушения устойчивости, рекомендуется выполнить расчеты несколькими методами [9]. Для принятия проектных решений по защите сельскохозяйственных земель и мелиоративных сооружений следует руководствоваться результатами, дающими минимальный коэффициент устойчивости [11–13].

Информацию о нефтепроявлениях на сельскохозяйственных территориях можно получить, изучив архивные материалы предыдущих исследований: отчеты, карты распространения залежей нефти (рис. 3), данные об условиях ее залегания, физико-механических свойствах дисперсных грунтов, влияющих на водно-физические характеристики мелиорируемых земель, картографические материалы с плановым положением геологических разрезов и другие результаты инженерно-мелиоративных изысканий.

По данным исследований, проведенных на рассматриваемой территории, определена категория оползневой опасности: весьма опасная, характеризующаяся средней площадью пораженности сельскохозяйственных угодий (11–30 %), объемом оползня от 100 до 1000 тыс. м³ и высокой повторяемостью активизаций (0,04–0,01 событий/год) [14]. Это создает существенные риски для устойчивости мелиоративных систем, сохранения плодородия почв и безопасности сельскохозяйственного производства, поэтому требуется разработка специальных защитных мероприятий в рамках проектов землеустройства и мелиорации.

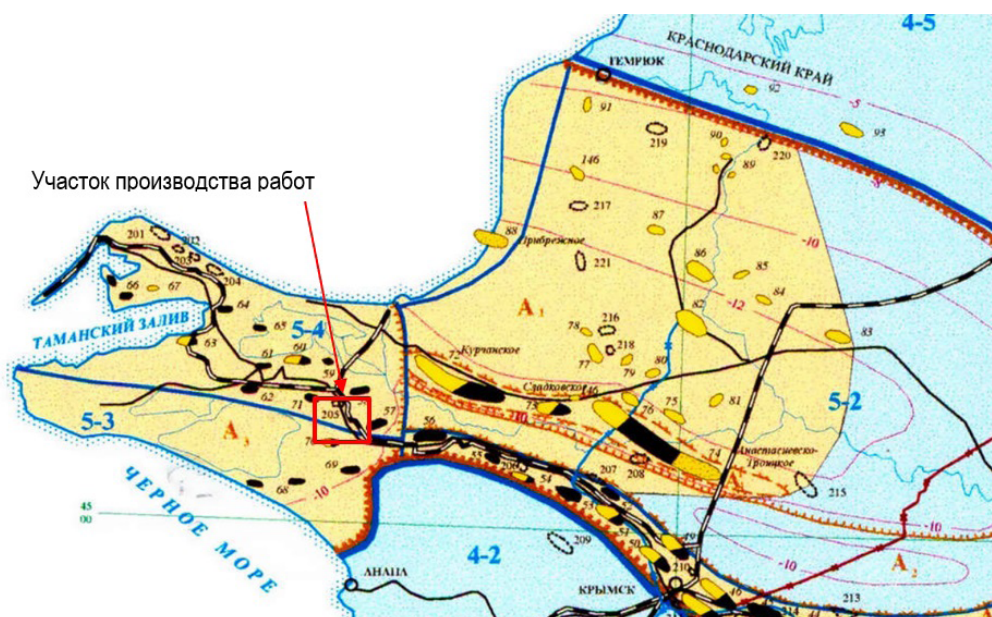


Рис. 3. Карта распространения залежей нефти в Анапском р-не при строительстве дороги М-25 Новороссийск-Керчь

Результаты исследований и их обсуждение

С целью прогнозирования оползневой опасности и построения расчетной модели устойчивости склона для обоснования мелиоративных мероприятий и защиты сельскохозяйственных земель определены наиболее вероятные поверхности скольжения с учетом основного и особого сочетания нагрузок при проектировании противооползневых и водохранных сооружений [15].

Первоначально оценка устойчивости склона выполнена общепринятыми методами предельного равновесия Моргенштерна – Прайса

и Янбу на основе материалов инженерно-мелиоративных изысканий. При основном сочетании нагрузок учитывались собственный вес грунтов и элементов мелиоративной системы (25 кН/м^3), нагрузка от сельскохозяйственной техники ($75,6 \text{ кПа}$). При особом сочетании дополнительно принималось во внимание сейсмическое воздействие, актуальное для региона. Оценка устойчивости склона по всем расчетным сечениям (кроме показанного на рис. 4) выявляет достаточную устойчивость при основном и особом сочетании нагрузок.

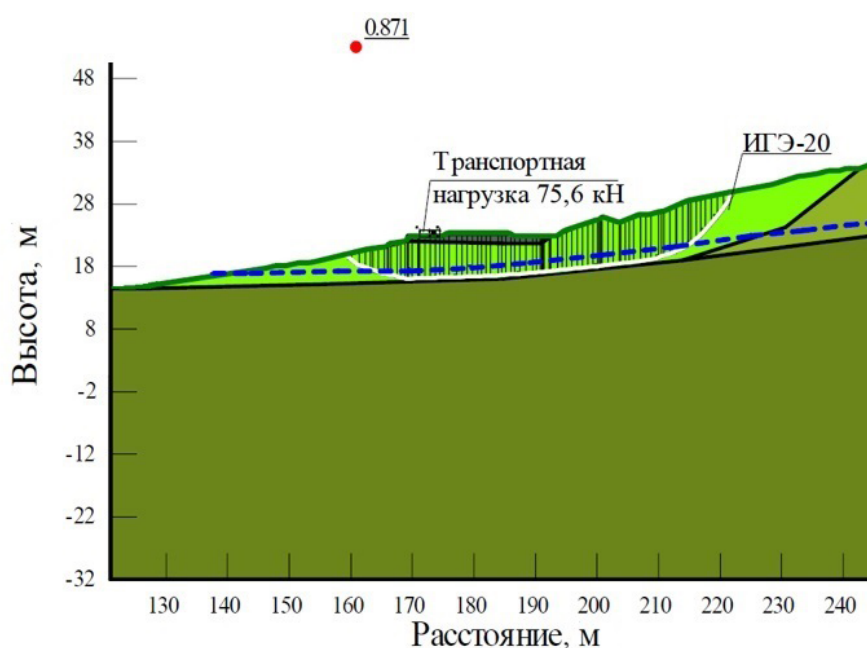


Рис. 4. Первоначальный расчет устойчивости склона методом Моргенштерна – Прайса при особом сочетании нагрузок ($K_y = 0,871$)

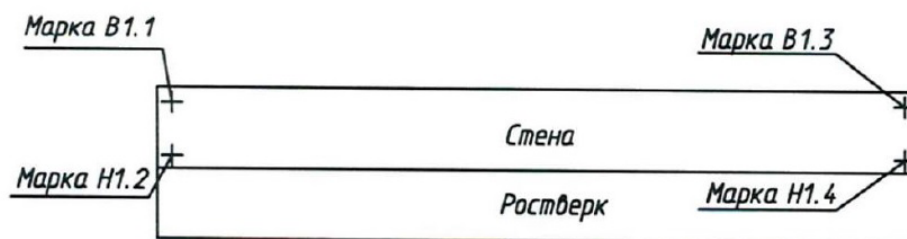
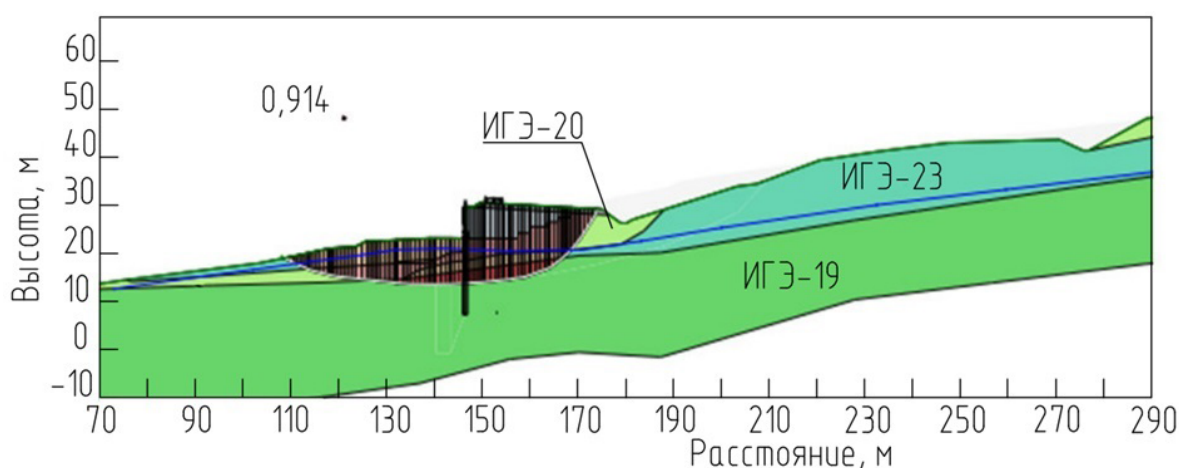


Рис. 5. Схема защитного сооружения с установленными по фасаду геодезическими марками

Рис. 6. Расчет общей устойчивости склона методом Моргенштерна – Прайса при особом сочетании нагрузок ($K_y = 0,914$)

Для обеспечения устойчивости вышеупомянутого расчетного сечения запроектировано сооружение инженерной защиты (рис. 5).

Предварительные расчеты, выполненные независимо от воздействия нефтепроявлений на физико-механические и водно-физические свойства грунтов, показали формально достаточную устойчивость склона, что противоречило фактическим данным мониторинга и наблюдаемым деформациям мелиоративной инфраструктуры (табл. 1).

Как показывают данные мониторинга, секции подпорной стены № 2–12 на ПК 35+33,95 – ПК 36+94,83 сместились неравномерно по ее длине на величину до 73 мм (верх стены) и 57 мм (низ стены). По названным секциям зафиксирован крен (верх стены переместился сильнее, чем ее низ). По секциям № 1, 13–24 смещения не зафиксировано. Повторные расчеты устойчивости с включением в модель нефтеносных прослоев и их влияния на сцепление и угол внутреннего трения грунтов (рис. 6) выявили недостаточную эффективность первоначально запроектированных защитных мероприятий.

На основании результатов дополнительных лабораторных испытаний образцов грунта с нефтяными включениями, а также скорректированных значений прочностных характеристик (сцепления, угла внутреннего трения, коэффициента фильтрации (табл. 2) была разработана конструктивная схема усиления склона.

На основании результатов дополнительных лабораторных испытаний образцов грунта с нефтяными включениями, а также скорректированных значений прочностных характеристик (сцепления, угла внутреннего трения, коэффициента фильтрации (табл. 2), была разработана конструктивная схема усиления склона.

Чтобы обеспечить устойчивость склона при строительстве дороги М-25 Новороссийск – Керчь (км 73–100), проектом предусмотрено устройство буронабивных свай, заглубленных в устойчивые грунты, не подверженных смещениям, что повысит требуемую несущую способность для защиты сельскохозяйственных угодий, мелиоративных каналов и будет способствовать предотвращению деградации антропогенного агроландшафта.

Таблица 1. Деформации подпорной стены ПК 35+39,68 – ПК 38+58,10, зафиксированные по геодезическим маркам

Номер секции	Номер стены в осях БНС*	Перемещение секции (расположение марки – слева вверх), мм	Перемещение секции (расположение марки – слева вниз), мм	Перемещение секции (расположение марки – справа вверх), мм	Перемещение секции (расположение марки – справа вниз), мм
1	1–5	–15	–12	–3	–5
2	6–12	–4	–6	7	13
3	13–18	9	7	14	13
4	19–24	18	14	24	23
5	25–30	28	25	28	21
6	31–36	20	23	22	24
7	37–42	24	19	29	30
8	43–48	35	33	42	34
9	49–54	39	34	55	39
10	55–60	73	57	67	51
11	61–66	49	39	36	17
12	67–72	10	9	9	9
13	73–78	2	–2	0	0
14	79–84	3	–3	8	уничтожена
1	85–90	11		13	
2	91–95	–5		2	
3	96–100	–2		5	
4	101–106	–3		2	
5	107–112	–3		2	
6	113–118	–2		–1	
7	119–124	1		2	
8	125–130	–2		1	
9	131–136	2		5	
10	137–140	–4		–2	

П р и м е ч а н и я: 1*. БНС – буронабивные сваи. 2. Секции 1–14 имеют стеновую часть, марки на которой установлены попарно в верхней и нижней ее частях. Секции 15–24 имеют только ростверк без стеновой части.

Таблица 2. Изменение основных прочностных характеристик после уточнения ИГЭ*-19, -20, -23

№	Наименование	Первоначальное значение	Уточненное значение
<i>ИГЭ-19. Глина темно-серая твердая, с включением песчаника, набухающая</i>			
1	Сцепление	43 кПа	43 кПа
2	Угол внутреннего трения	17°	17°
<i>ИГЭ-20. Глина синевато-коричневая легкая пылеватая тугопластичная</i>			
1	Сцепление	47 кПа	47 кПа
2	Угол внутреннего трения	17°	17°
<i>ИГЭ-23. Глина серо-коричневая полутвердая легкая пылеватая, слабонабухающая</i>			
1	Сцепление	45 кПа	41 кПа
2	Угол внутреннего трения	20°	16°

П р и м е ч а н и е. ИГЭ – инженерно-геологический элемент.

Выводы

В ходе строительства противооползневых сооружений в Анапском р-не Краснодарского края и в результате проведения мониторинга геодезическими методами зафиксированы незапланированные деформации возведенных конструкций. Секции подпорной стены № 2–12 сместились неравномерно по ее длине до 73 мм (верх стены) и 57 мм (низ стены). По данным секциям наблюдается крен: верх стены сместился сильнее, чем ее низ. По секциям № 1, 13–24 смещения не зафиксировано.

Проведение дополнительных инженерно-мелиоративных изысканий выявило:

- наличие нефтяных включений в грунтовом массиве, что существенно ухудшило его физико-механические свойства и, что особенно

важно для агроландшафтов, водно-физические свойства;

- для ИГЭ-23 – увеличение угла внутреннего трения с 16° до 20° , уменьшение сцепления с 45 кПа до 41 кПа.

На основе скорректированных расчетных характеристик грунта (сцепления, угла внутреннего трения) разработана и реализована конструктивная схема усиления склона с применением буронабивных свай, заглубленных в устойчивые коренные породы. Данное инженерное решение обеспечило не только стабилизацию оползневого склона, но и эффективную защиту значительного участка ценных сельскохозяйственных земель, сохранив их продуктивность и предотвратив деградацию агроландшафта.

Список использованных источников

1. Гарманова, Е. А. Анализ использования земельных угодий в Краснодарском крае / Е. А. Гарманова, Н. С. Айвазян // Вестник науки. – 2025. – Т. 1, № 5. – С. 60–82.
2. Седусова, Ю. А. Определение устойчивости откоса грунтового массива с помощью программного комплекса «GeoStudio» / Ю. А. Седусова, В. И. Клевеко // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2019. – Т. 2. – С. 53–58.
3. Kozhogulov, K. Ch. Prediction of slope stability based on numerical modeling of stress-strain state of rocks / K. Ch. Kozhogulov, V. I. Nifadyev, S. F. Usmanov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Novosibirsk, 02–06 Oct. 2017. – Novosibirsk : Institute of Physics Publishing, 2018. – Vol. 134. <https://doi.org/012032.10.1088/1755-1315/134/1/012032>
4. Маций, С. И. Гидрологическая классификация оползней Краснодарского края / С. И. Маций, А. Базиз // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов : сб. тез. по материалам V Междунар. конф., Краснодар, 15–16 июля 2020 г. – Краснодар : ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 2020. – С. 14.
5. Караулов, А. М. Анализ устойчивости оползневого склона в г. Сочи / А. М. Караулов, А. Н. Донец, Ю. Н. Савельев // Вестник Сибирского гос. ун-та путей сообщения. – 2022. – № 2. – С. 116–122. https://doi.org/10.52170/1815-9265_2022_61_116
6. Борисов, А. В. Инженерные методы расчета устойчивости откосов и склонов / А. В. Борисов // Вестник Коломенского ин-та (филиала) Московского политехн. ун-та. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – № 11. – С. 143–152.
7. Деревенец, Ф. Н. Оценка устойчивости склонов и оползневых давлений / Ф. Н. Деревенец, С. И. Маций // М-во с. х. Рос. Федерации, Кубанский гос. аграр. ун-т. – Краснодар : Кубанский гос. аграр. ун-т, 2011. – 140 с.
8. Волик, Д. В. Оценка пространственной устойчивости склонов / Д. В. Волик, С. И. Маций // Вестник Волгоградского гос. архитектурно-строительного ун-та. Серия: Строительство и архитектура. – 2008. – № 10. – С. 47–53.
9. Калинин, Э. В. Методы расчета устойчивости склонов и откосов: российские подходы в сопоставлении с мировыми тенденциями / Э. В. Калинин, М. П. Кропоткин // Инженерная геология. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 22–38. <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2022-17-4-22-38>

10. Bishop, A. W. The use of slip circle in the stability analysis of slopes / A. W. Bishop // *Géotechnique*. – 1955. – Vol. 5, № 1. – P. 7–17.
11. Шишко, С. А. Анализ методов расчета устойчивости склонов / С. А. Шишко // *Строительство-2014: современные проблемы промышленного и гражданского строительства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 18–19 дек. 2014 г.* / Ростовский гос. строит. ун-т, Ин-т промышленного и гражданского строительства. – Ростов-на-Дону : ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», 2014. – С. 126–127.
12. Демин, А. М. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов : монография / А. М. Демин. – М. : Недра, 1973. – 232 с.
13. Маций, С. И. Вероятностные расчеты устойчивости оползневого склона / С. И. Маций, Д. И. Кацко // *ГеоРиск*. – 2021. – Т. 15, № 3. – С. 8–22. <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2021-15-3-8-22>
14. Симонян, В. В. Геодезический метод определения оценки оползневой опасности / В. В. Симонян, В. И. Волков // *Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли – 2022 : сб. материалов Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Москва, 14 окт. 2022 г.* – М. : Нац. исследоват. Московский гос. строительный ун-т, 2022. – С. 113–123.
15. Карпик, А. П. Анализ методов и средств изучения динамики перемещений оползневых склонов / А. П. Карпик, В. С. Хорошилов, А. В. Комиссаров // *Вестник Сибирского гос. ун-та геосистем и технологий*. – 2021. – № 6. – С. 17–32. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2021-26-6-17-32>

Поступила 15 декабря 2025 г.