

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья
УДК 551.435

Экзогенные геологические процессы

Ульяна Роландовна Сидаравичуте¹, Владимир Сергеевич Маций²

^{1,2}Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар,
Российская Федерация

¹dd600902@gmail.com

²vmatsiys@gmail.com

Аннотация. Цель: прогнозирование и предотвращение разрушительных последствий опасных экзогенных геологических оползневых и селевых процессов. **Материалы и методы.** Исследования проводились по методам, изложенным в СП 11-105-97 (часть 2), посредством геодезических измерений и инструментального геотехнического мониторинга. **Результаты и обсуждение.** В статье обосновано содействие эрозионных процессов чрезвычайным происшествиям. На примере горноклиматического комплекса описана взаимозависимость, а именно: при детальном рассмотрении русел селевых потоков определено накопление рыхлообломочного материала, что свидетельствует об оползневых, обвальных или осыпных очагах формирования. Здесь активная зона оползневого воздействия в длину – 35–40 м, в ширину – 35–37 м. Также в бассейнах ручьев Сулимовский, Шумихинский и Ржаной регулярно протекают селевые процессы. На объекте выделены зоны образования таких опасных геологических процессов, как оползневые и селевые, в градациях 0–17°, при условии минимального формирования в промежутках 0–17° и более 55°. **Выводы.** С целью прогнозирования и предотвращения разрушительных последствий опасных экзогенных геологических процессов рекомендуется: проведение инструментального геотехнического мониторинга с обязательным включением геологических исследований; устройство осушительных и водоотводящих систем с их регулярным обслуживанием (очистка, ремонт); своевременное обслуживание и при необходимости реконструкция защитных инженерных сооружений; на незалесенных склонах устройство противозэрозийной защиты с использованием геоматов, анкерных полей или других методов укрепления склонов.

Ключевые слова: селеопасность, оползневые бассейны, геотехнический мониторинг, экзогенные геологические процессы, противозэрозийные мероприятия

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 21 февраля 2024 г.).

Для цитирования: Сидаравичуте У. Р., Маций В. С. Экзогенные геологические процессы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 199–212.

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Original article

Exogenous geological processes

Uliana R. Sidaravichute¹, Vladimir S. Matsiy²

^{1,2}I. T. Trubilin Kuban State Agricultural University, Krasnodar, Russian Federation

¹dd600902@gmail.com

²vmatsiys@gmail.com

Abstract. Purpose: to predict and prevent the destructive consequences of dangerous exogenous geological landslide and mudflow processes. **Materials and methods.** The studies were carried out according to the methods set out in SP 11-105-97 (part 2), using geodetic measurements and instrumental geotechnical monitoring. **Results and discussion.** The contribution of erosion processes to emergency incidents is substantiated. On the example of an alpine climatic complex, the interdependence is described, namely: upon a detailed examination of the mudflow channels, the accumulation of loose clastic material was found, which indicates landslide, debris or scree formation centers. Here, the active zone of landslide impact is 35–40 m long and 35–37 m wide. Mudflow processes also regularly occur in the basins of the Sulimovsky, Shumikhinsky and Rzhanoi streams. The formation zones of such dangerous geological processes as landslides and mudflows are identified at the plotin gradations of 0–17°, subject to minimal formation in the intervals of 0–17° and more than 55°. **Conclusions.** In order to predict and prevent the destructive consequences of dangerous exogenous geological processes, it is recommended: carrying out instrumental geotechnical monitoring with the mandatory inclusion of geological research; arranging drainage and water diversion systems with their regular maintenance (cleaning, repairs); timely maintenance and, if necessary, reconstruction of protective engineering structures; arrangement of anti-erosion protection on un-forested slopes using geomats, anchor fields or other methods of strengthening slopes.

Keywords: mudflow hazard, landslide basins, geotechnical monitoring, exogenous geological processes, erosion control measures

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 21, 2024).

For citation: Sidaravichute U. R., Matsiy V. S. Exogenous geological processes. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;92(1):199–212. (In Russ.).

Введение. Северо-Западный Кавказ характеризуется слабым развитием селевых процессов и повсеместным распространением оползневых подвижек. Селевые процессы здесь мало изучены, первое упоминание принадлежит С. И. Капгеру, который определил их первопричину – бесконтрольную вырубку лесов. На объекте исследования этот фактор имеет преобладающее значение. В настоящее время территория участка изысканий почти на 70 % изменена. Усиление селевой деятельности в начале 2000-х гг. как раз связано с интенсивным строительством на склонах хребта Аигба.

Наиболее полные сведения о проявлениях селей изложены в отчете Я. А. Измайлова в 1982 г. Он содержит данные о 34 селевых бассейнах,

в т. ч. о бассейне р. Мзымта, где выделено два водосбора: район Красной Поляны и Эсто-Садок, а также отмечено наличие небольших селевых бассейнов (менее 3–5 км²). Средняя повторяемость примерно один раз в 3–5 лет.

В отчете ООО «ПНИИС» в 2010 г. были выполнены расчеты основных гидрографических характеристик водотоков по расчетным створам, из них при составлении отчета по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям можно использовать данные створов (основные гидрографические и селевые характеристики) на следующих водотоках: р. Ржаной – один створ; р. Шумихинский – два створа; р. Сулимовский – три створа, а остальные являются малыми водотоками, которые претерпели значительные изменения.

Согласно сообщению ФГУП «Росстройизыскания», в бассейне вышеупомянутой реки сошли многочисленные селевые потоки, причиной которых является крупный оползень в верховьях. Селевые потоки в совокупности с оползневыми процессами сегодня наносят колоссальный и даже непоправимый ущерб. С целью обеспечения безопасности эксплуатируемых объектов различного назначения необходимо определение потенциальных участков образования того или иного опасного геологического явления.

Формирование селевых потоков и (или) оползневых подвижек возможно при сочетании четырех благоприятных условий: метеорологических, геоморфологических, геологических и геоботанических [1]. Если одно из этих условий неблагоприятно, то селевая (оползневая) деятельность, как правило, отсутствует (рисунок 1).

Природные оползни, за исключением № 8, находятся в стадии длительной стабилизации, однако непрерывное техногенное воздействие на такие участки может привести к повторному смещению грунтов. Оползневые массивы № 1 и 2 имеют большую и очень большую масштабность со-

ответственно¹. Стенки отрыва этих массивов приурочены к крупному тектоническому нарушению. Эти оползневые тела имеют схожие генезис и строение – блоковые консеквентные движения делювиально-коллювиальных отложений по скальной поверхности подушечных лав и порфиритовых покровов порфиритовой серии.



— оползневые тела и направление их перемещения / slump bodies and the direction of their movement — стенки отрыва / joint wall

Рисунок 1 – Схема распространения природных оползней и границ современных оползневых событий

Figure 1 – Distribution scheme of natural landslides and boundaries of present-day landslide events

¹Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов: СП 11-105-97: введ. в действие с 01.01.01. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004. 41 с.

Для Северо-Западного Кавказа основными факторами формирования экзогенных геологических явлений служат: антропогенное и сейсмическое воздействие, переувлажнение почв (снеготаяние, обильные ливневые осадки), эрозионные процессы [2]. Сейсмическое воздействие здесь обусловлено непрерывным протеканием геодинамических процессов сеймотектонического характера, а именно столкновением скифской плиты и южных микропластин, поддерживаемых аравийской плитой, а также повсеместной сейсмической активностью в зонах глубоких разломов [3, 4]. Довольно высокая снежность на объекте, а также последующее интенсивное таяние в весенний период формирует благоприятные условия для образования снеговых селей – водоснежных потоков. Высокая степень лавинной опасности также является дополнительным фактором в увеличении концентрации стока в водотоках. При сходе крупных снежных лавин в руслах водотоков образуются мощные лавинные снежники, которые залегают в руслах потенциально селеопасных русел до июня. Обрушение такого снежника и закупорка канала стока под ним могут привести к образованию запруды и озера. Дальнейший их прорыв, вероятно, приведет к образованию масштабного селевого потока, который будет являться лимитирующим фактором для оползневых подвижек. В свою очередь эрозионные процессы выветривания и переувлажнения почв существенно влияют на формирование рельефа, здесь они обусловлены активной антропогенной деятельностью, а именно: развитием агломераций, расширением путей транспортного сообщения, активным освоением земель с целью устройства рекреационных комплексов. Все вышеперечисленные процессы способствуют снижению устойчивости склонов, во избежание затрат на ликвидацию последствий необходимо исследование таких процессов по актуальным сведениям.

В границах «Горноклиматического комплекса «Альпика-Сервис» выявлены активно протекающие эрозионные и оползневые процессы, а также зафиксирован регулярный сход селевых потоков в бассейнах ручь-

ев Сулимовский (является селеносным), Шумихинский, Ржаной объемом до 10 тыс. м³, участок относится к III категории селевого риска (умеренно-опасная) [5, 6]. Активно развивающийся оползневый блок на объекте имеет размеры в плане: длина 35–40 м, ширина 35–37 м, вскрытая мощность оползневых отложений 4,0–5,0 м. Повсеместно выявлены маломасштабные деформации в дорожном полотне, подпорных стенах и на других объектах различного назначения (рисунок 2). Процессы линейной и плоскостной эрозии развиваются по трассам существующих грунтовых и трелевочных дорог. Скорость эрозионного вреза в рыхлых четвертичных отложениях может достигать 0,8 м/год.



**Рисунок 2 – Обнажение фундамента здания (проседание грунта)
(автор фото У. Р. Сидаравичуте)**

**Figure 2 – Exposing the foundation of a building (soil subsidence)
(photo by U. R. Sidaravichute)**

Склоновые процессы формируются при крутизне склонов более 15° [7]. На объекте выделены зоны образования таких опасных геологиче-

ских процессов в градациях, при условии активного формирования в промежутке $17-55^\circ$ (рисунок 3).

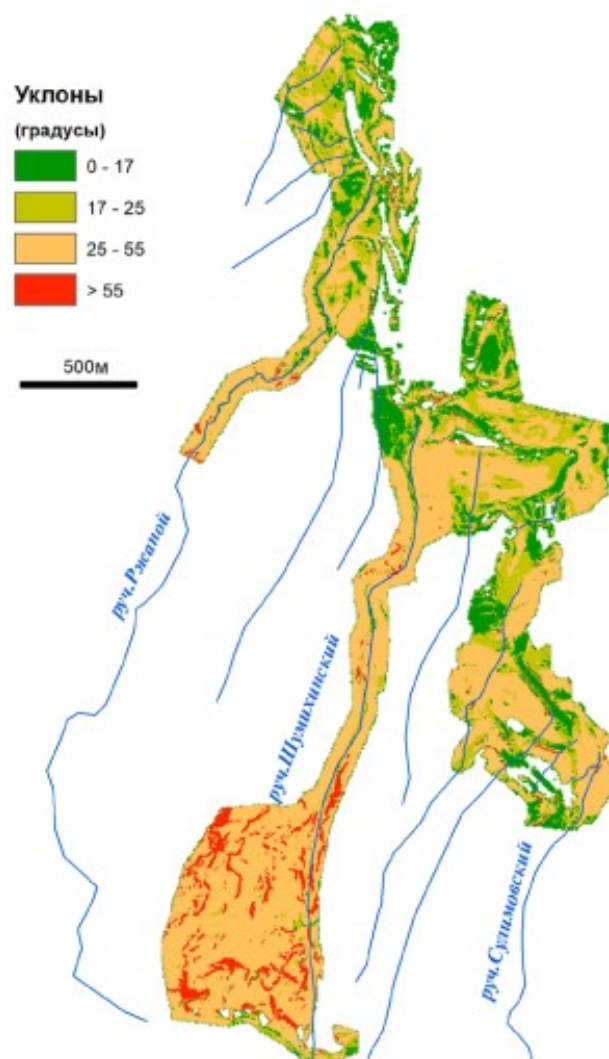


Рисунок 3 – Схема углов наклона в границах исследуемого участка
Figure 3 – Scheme of slope angles within the boundaries of the study area

Эрозионные процессы активно протекают в тальвегах долин водотоков V-образной формы с крутыми склонами.

Таким образом обуславливается сопоставимость скоростей боковой и донной эрозий. Такие тальвеги являются базисами эрозии, к которым приурочены языки оползневых бассейнов.

Цель исследования – прогнозирование и предотвращение разрушительных последствий опасных экзогенных геологических оползневых и селевых процессов.

Материалы и методы. Исследования проводились по методам, изложенным в СП 11-105-97 (часть 2), посредством геодезических измерений и инструментального геотехнического мониторинга.

Результаты и обсуждение. При детальном рассмотрении русел селевых потоков определено накопление рыхлообломочного материала, что свидетельствует о наличии оползневых, обвальных или осыпных очагов формирования (рисунок 4) [8]. Единственным отличием селевых потоков от оползневых процессов является больший процент водной составляющей. Такие параметры, как скорость потока, являются следствием вышеуказанной первопричины, угол внутреннего трения рыхлообломочных отложений значительно ниже. Плотность потока зависит не столько от накопившегося рыхлообломочного материала или другой твердой составляющей, сколько от объема воды в процентном соотношении.



**Рисунок 4 – Русло водотока с карчеходами и валунами
(автор фото У. Р. Сидаравичуте)**

**Figure 4 – Stream bed with timber drifting and boulders
(photo by U. R. Sidaravichute)**

Селевые бассейны – территории, которые накапливают рыхлообломочный материал и являются потенциальными селевыми аппаратами [9]. Следовательно, на таких территориях вероятность образования оползневых процессов в разы выше. Это обусловлено малой устойчивостью таких склонов. С инженерно-геологической точки зрения неустойчивость склона обусловлена и сложением Кавказских гор, где преобладающим элементом являются аргиллиты и другие твердые породы, образовавшиеся при дегидратации, спрессовании и перекристаллизации глин. Коэффициент устойчивости склона изменяется от 0,973 до 0,988 на основное сочетание нагрузок и в пределах 0,901–0,915 на особое сочетание нагрузок. Участки склона находятся в неустойчивом состоянии, коэффициент устойчивости K_u менее 1, расчеты устойчивости склона выполнены методами Morgenштерна – Прайса, Бишопа и Янбу с помощью геотехнического программного комплекса GeoStudio¹ (таблица 1).

Таблица 1 – Сводная таблица результатов расчетов устойчивости склонов

Table 1 – Result summary of slope stability calculation

Метод анализа	Коэффициент устойчивости (K_u)	
	Основное сочетание нагрузок	Особое сочетание нагрузок
Разрез 1–1		
Моргенштерн – Прайс	0,973	0,901
Янбу	0,981	0,908
Бишоп	0,988	0,915

Устройство осушительных и водоотводных систем снижает риск развития селевых процессов, однако возрастает вероятность оползания таких грунтов. Это обусловлено изначальной неустойчивостью таких грунтов, и при воздействии лимитирующих факторов неизбежна активизация таких экзогенных геологических процессов при условии отсутствия защитных сооружений. Однако мощность таких оползневых процессов значительно ниже мощности оползневых подвижек при сходе селевого потока. Также с целью предотвращения разрушений вследствие опасных экзо-

генных геологических процессов необходимо проводить своевременное обслуживание существующих защитных инженерных сооружений, осушительных и водоотводящих систем (подпорные сооружения, водоотводящие лотки, дренажные колодцы и др.). На не защищенных зеленым покровом склонах необходимы противоэрозионные мероприятия, например, укладка геоматов, армирование грунтов и др. За счет корневой системы зеленых насаждений обеспечивается устойчивость склона, устройство анкерных полей работает аналогично, однако является менее экологичным методом укрепления склона. При наличии вскрытых поверхностей коренных пород (трещиноватость, выветривание, дробление коренных пород) следует применять специальные геотехнические методики устройства заглубленных частей объектов различного назначения, в т. ч. фундаментов, с условием принятия гидроизоляционных мер и отвода стоковых вод. При длительном существовании таких экзогенных геологических процессов в результате выветривания участки являются источниками обвалов, осыпей и селевого материала.

На объекте исследования преобладающим механизмом формирования селевых потоков является сдвигово-эрозионный, в редких случаях может отмечаться прорывной механизм образования селевых потоков. В этом случае необходима организация мероприятий в составе геотехнического мониторинга с применением инструментальных методов с обязательным включением геологических исследований, при необходимости с использованием системы датчиков, контролирующей интересующие параметры [10]. При ведении геотехнического мониторинга с использованием геодезических методов устройство деформационных или геодезических знаков необходимо в местах, подверженных и потенциально подверженных опасным экзогенным геологическим процессам [11–13].

Выводы. Установлено, что селевые бассейны – потенциальные оползневые участки. Здесь в ходе инструментальных мониторинговых ра-

бот с большей вероятностью будут зафиксированы деформации по контролирующим точкам, при наличии защитных сооружений будет определена необходимость в очистке и ремонте таких сооружений. При непроведении геотехнического мониторинга гипотеза подтвердится непосредственными критическими перемещениями грунтов с имеющимися зданиями, сооружениями и другими объектами. Также масштабные оползневые подвижки могут быть основой для массового схода селей, что и произошло в 2000-х гг.

Список источников

1. Маций С. И., Деревенец Ф. Н. Взаимодействие оползневого грунта со сваями с учетом конфигурации удерживающего сооружения // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2007. № 2. С. 8–12. EDN: SKIVCF.
2. Маций С. И., Федоровский В. Г., Рябухин А. К. Актуальные проблемы совершенствования нормативной базы в области инженерной защиты // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2019. № 4. С. 25–29. EDN: RFRFXA.
3. Geodetic, geophysical and geographical methods in landslide investigation: Luar case study / V. B. Zaalishvili, Kh. O. Chotchaev, D. A. Melkov, O. G. Burdzieva, B. V. Dzeranov, A. S. Kanukov, I. G. Archireeva, A. F. Gabaraev, L. V. Dzobelova // E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TRACSEE-2019, Moscow, 20–22 November 2019. Moscow: EDP Sciences, 2020. Vol. 164. 01014. DOI: 10.1051/e3sconf/202016401014. EDN: IJZPB.
4. Глазырин Е. А., Шереметьев В. М. Исследование сейсмической активности района Большого Сочи методами спутниковой геодинамики // Наука юга России. 2019. Т. 15, № 1. С. 3–11. DOI: 10.7868/S25000640190101. EDN: ZWYBLR.
5. Маций С. И., Сухляева Л. А., Лесной В. А. Рекомендации по мониторингу селевых процессов на автомобильных дорогах, на примере участка дороги от Сулимовского ручья до пограничного поста (с. Эсто-Садок) // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: тр. 5-й Междунар. конф., г. Тбилиси, Грузия, 1–5 окт. 2018 г. / Селевая ассоц.; Ин-т вод. хоз-ва им. Ц. Мирцхулава Груз. техн. ун-та. Тбилиси, Грузия: Универсал, 2018. С. 483–491.
6. Сидаравичуте У. Р., Сухарев Д. В. Расчет нагрузки на противоселевые сооружения // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 3. С. 237–255. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1389> (дата обращения: 10.01.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-237-255. EDN: RZMQPI.
7. Геоморфологические условия формирования опасных оползневых процессов на Западном Кавказе и методы их мониторинга / Е. В. Воскресенская, И. С. Воскресенский, С. А. Сократов, А. А. Сучилин, А. Л. Шныпарков, Л. А. Ушакова // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2020. Т. 26, № 2. С. 264–274. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-264-274. EDN: RVAEBU.
8. Ерохин С. А., Загинаев В. В. Геологические факторы селеформирования Северного Тянь-Шаня // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: материалы IV Междунар. конф., г. Иркутск, 6–10 сент. 2016 г. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2016. С. 71–78. EDN: AJCJVJ.
9. Маций С. И., Сухляева Л. А. Противоселевая защита: монография. Краснодар: КубГАУ, 2021. 168 с.

10. Matsii S. I., Bezuglova E. V. Geotechnical monitoring of transport structures in areas with active development of slipping displacements of soil // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2017. Vol. 54, № 4. P. 289–293. DOI: 10.1007/s11204-017-9471-3. EDN: XNTQUF.

11. Сидаравичуте У. Р., Пшидаток С. К. Геотехнический мониторинг противооползневых сооружений посредством геодезических измерений // *Инженерный вестник Дона* [Электронный ресурс]. 2023. № 12(108). С. 467–480. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8909> (дата обращения: 10.01.2024). EDN: IXYYVD.

12. Рябухин А. К., Маций С. И., Безуглова Е. В. Исследование диапазона допустимых горизонтальных перемещений буронабивных свай противооползневых сооружений // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2013. № 31-2(50). С. 279–283. EDN: RBVALT.

13. Бондаренко К. С., Подтелков В. В. Геодезические методы контроля за техническим состоянием инженерных сооружений // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам 75-й Науч.-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2019 год, г. Краснодар, 2–16 марта 2020 г. Краснодар: Кубанский ГАУ, 2020. С. 404–407. EDN: KYVVMZ.*

References

1. Matsiy S.I., Derevenets F.N., 2007. *Vzaimodeystvie opolzneвого grunta so svayami s uchetom konfiguratsii uderzhivayushchego sooruzheniya* [Interaction between a slide-prone soil and piles with consideration of the configuration of the retaining structure]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Soil Mechanics and Foundation Engineering], no. 2, pp. 8-12, EDN: SKIVCF. (In Russian).

2. Matsiy S.I., Fedorovsky V.G., Ryabukhin A.K., 2019. *Aktual'nye problemy sovershenstvovaniya normativnoy bazy v oblasti inzhenernoy zashchity* [Actual problems of improvement of the regulation standards in the field of engineering protection]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Soil Mechanics and Foundation Engineering], no. 4, pp. 25-29, EDN: RFRFXA. (In Russian).

3. Zaalishvili V.B., Chotchaev Kh.O., Melkov D.A., Burdzieva O.G., Dzeranov B.V., Kanukov A.S., Archireeva I.G., Gabaraev A.F., Dzobelova L.V., 2020. Geodetic, geophysical and geographical methods in landslide investigation: Luar case study. E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE-2019, Moscow, 20–22 November 2019. Moscow, EDP Sciences, vol. 164, 01014, DOI: 10.1051/e3sconf/202016401014, EDN: IJZPB.

4. Glazyrin E.A., Sheremetyev V.M., 2019. *Issledovanie seismicheskoy aktivnosti rayona Bol'shogo Sochi metodami sputnikovoy geodinamiki* [Research of seismic activity of the Greater Sochi area by methods of satellite geodynamics]. *Nauka yuga Rossii* [Science in the South of Russia], vol. 15, no. 1, pp. 3-11, DOI: 10.7868/S25000640190101, EDN: ZWYBLR. (In Russian).

5. Matsiy S.I., Sukhlyayeva L.A., Lesnoy V.A., 2018. *Rekomendatsii po monitoringu selevykh protsessov na avtomobil'nykh dorogakh, na primere uchastka dorogi ot Sulimovskogo ruch'ya do pogrannichnogo posta (s. Esto-Sadok)* [Mudflow-processes monitoring recommendations on motorways, by the example of the road section from the Sulimovsky stream to the border point (Esto-Sadok village)]. *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita: trudy 5-y Mezhdunarodnoy konferentsii* [Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection: Proc. of the 5th International Conference]. Debris Assoc., Institute of Water Industry named after Ts. Mirtskhulava Georgia Technical University, Tbilisi, Georgia, Universal Publ., pp. 483-491. (In Russian).

6. Sidaravichute U.R., Sukharev D.V., 2023. [Mudflow protection structure load calculation]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 3, pp. 237-255, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1389> [accessed 10.01.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-237-255, EDN: RZMQPI. (In Russian).

7. Voskresenskaya E.V., Voskresensky I.S., Sokratov S.A., Suchilin A.A., Shnyparov A.L., Ushakova L.A., 2020. *Geomorfologicheskie usloviya formirovaniya opasnykh opolznevnykh protsessov na Zapadnom Kavkaze i metody ikh monitoringa* [Geomorphological conditions of formation of landslides hazards in the Western Caucasus and methods of their monitoring]. *InterCarto. InterGIS*, vol. 26, no. 2, pp. 264-274, DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-264-274, EDN: RVAEBU. (In Russian).

8. Erokhin S.A., Zaginaev V.V., 2016. *Geologicheskie factory seleformirovaniya Severnogo Tyan'-Shanya* [Geological factors of debris formation in the Northern Tien Shan]. *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita: trudy IV Mezhdunarodnoy konferentsii* [Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection: Proc. of the 4th International Conference]. Irkutsk, Institute of Geography named after. V.B. Sochavy SB RAS Publ., pp. 71-78, EDN: AJCJVJ. (In Russian).

9. Matsiy S.I., Sukhlyayeva L.A., 2021. *Protivoselevaya zashchita: monografiya* [Anti-Mudflow Protection: monograph]. Krasnodar, KubSAU, 168 p. (In Russian).

10. Matsiy S.I., Bezuglova E.V., 2017. Geotechnical monitoring of transport structures in areas with active development of slipping displacements of soil. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, vol. 54, no. 4, pp. 289-293, DOI: 10.1007/s11204-017-9471-3, EDN: XNTQUF.

11. Sidaravichute U.R., Pshidatok S.K., 2023. *Geotekhnicheskiiy monitoring protivooopolznevnykh sooruzheniy posredstvom geodezicheskikh izmereniy* [Geotechnical monitoring of landslide protection structures through geodetic measurements]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], no. 12(108), pp. 467-480, available: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n12y2023/8909> [accessed 10.01.2024], EDN: IXYYVD. (In Russian).

12. Ryabukhin A.K., Matsiy S.I., Bezuglova E.V., 2013. *Issledovanie diapazona dopustimyykh gorizontallynykh peremeshcheniy buronabivnykh svay protivooopolznevnykh sooruzheniy* [Investigation of range of allowable horizontal displacement of bored piles of landslide stability constructions]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture], no. 31-2(50), pp. 279-283, EDN: RBVALT. (In Russian).

13. Bondarenko K.S., Podtelkov V.V., 2020. *Geodezicheskie metody kontrolya za tekhnicheskimi sostoyaniem inzhenernykh sooruzheniy* [Geodesic methods of monitoring the technical condition of engineering structures]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sb. st. po materialam 75-y Nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov po itogam NIR za 2019 god* [Scientific Support of the Agro-Industrial Complex: Collection of Articles of Proc. of the 75th Scientific and Practical Students Conference Based on the Results of Research for 2019]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University, pp. 404-407, EDN: KYVVMZ. (In Russian).

Информация об авторах

У. Р. Сидаравичуте – студент землеустроительного факультета, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, dd600902@gmail.com;

В. С. Маций – аспирант кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, vmatsiys@gmail.com, AuthorID: 1120320.

Information about the authors

U. R. Sidaravichute – Student of the Faculty of Land Management, I. T. Trubilin Kuban State Agricultural University, Krasnodar, Russian Federation, Krasnodar, Russian Federation, dd600902@gmail.com;

V. S. Matsiy – Postgraduate Student of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, I. T. Trubilin Kuban State Agricultural University, Krasnodar, Russian Federation, Krasnodar, Russian Federation, vmatsiys@gmail.com, AuthorID: 1120320.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

*Статья поступила в редакцию 08.02.2024; одобрена после рецензирования 12.03.2024;
принята к публикации 04.04.2024.*

The article was submitted 08.02.2024; approved after reviewing 12.03.2024; accepted for publication 04.04.2024.