

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОТИВОСЕЛЕВЫХ СООРУЖЕНИЙ В ПРЕДГОРНОЙ ЧАСТИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

*У. Р. Сидаравичуте, магистрантка
С. И. Маций, доктор технических наук
В. С. Маций, аспирант*

*Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
г. Краснодар, Россия*

Аннотация

Описывается процесс обследования противо-селевых сооружений, а именно селеулавливающих гребенок инженерной защиты после окончания строительных работ в рамках геотехнического мониторинга. Приведены результаты расчета максимального расхода селя, который составил 38,0 м³/с. В настоящее время объект находится в работоспособном состоянии и не требует разработки дополнительных мероприятий по укреплению.

Ключевые слова: геотехнический мониторинг, противоселевые сооружения, селевые потоки, селе-подобные паводки.

Abstract

U. R. Sidaravichute, S. I. Matsiy, V. S. Matsiy
**RESULTS OF THE SURVEY OF ANTI-MUDFLOW
STRUCTURES IN THE FOOTHILLS OF THE KRASNODAR
REGION**

The process of inspecting anti-mudflow structures, namely, mudslides of engineering protection combs after the completion of construction work as part of geotechnical monitoring describes. The results of calculating the maximum flow rate of mudflow which amounted to 38.0 m³/s are given. Currently, the facility is in working order and does not require the development of additional strengthening measures.

Keywords: geotechnical monitoring, anti-mudflow structures, mudflows, mudflow flood.

Введение

Сход наиболее разрушительных селевых потоков в районе г. Новороссийска фиксируется с 1929 г. по сегодняшний день. Сложный рельеф Кавказских гор и непосредственная близость акватории Черного моря являются благоприятными факторами для активизации селевых процессов. Так, в 2002 г. селевым потоком были затоплены центральные улицы города, смыт мост, разрушены многие дома и пансионаты на побережье (сумма выпавших осадков – 50,3 мм).

Преобладающий тип селевых потоков на исследуемой территории – дождевой, такие потоки образуются в период затяжных ливневых дождей [1]. Сель образуется в довольно короткие сроки, и прогнозировать его появление возможно лишь по косвенным признакам – например, по сформированному руслу временных водотоков [2]. При наличии противоселевых сооружений в результате геотехнического мониторинга выявляют отклонения от исходного положения и на этой основе делают выводы об их разрушительной силе.

На сегодняшний день возможность прогнозирования и раннего обнаружения опас-

ных геологических процессов, в том числе оползневых процессов, обеспечивается геотехническим мониторингом [3]. Геотехнический мониторинг (далее – ГТМ) – это система циклических наблюдений и контроля за состоянием и изменением грунтовых, природных и техногенных условий в процессе строительства и последующей эксплуатации объекта [4]. Выделяют следующие методы ГТМ: визуально-инструментальные, геодезические, параметрические, виброметрические [5].

Проведение ГТМ с помощью геодезического (инструментального) метода делится:

на подготовительный этап (анализ имеющихся архивных материалов о селепроявлениях; запрос выписок о наличии пунктов государственной геодезической сети с планово-высотными координатами; анализ архивных данных о ранее проводимых инженерных изысканиях);

полевой этап нулевого цикла (закладка реперов, установка ственных марок и других точек, по которым будет проводиться съемка; оформление карточек закладки, абрисов, схемы теодолитного хода и др.);

камеральный этап нулевого цикла (обработка исходных полевых данных);

этап съемки циклов (периодическое фиксирование перемещение съемочных точек и их камеральная обработка);

анализ результатов наблюдений [5].

При проведении ГТМ путем геодезических измерений определяются высотно-плановые перемещения точек; в процессе рекогносцировки фиксируется наличие трещин и их развитие. Также в ходе производства работ переме-

жение точек анализируется после проведения каждого цикла наблюдений, что позволяет оперативно обнаружить критические смещения и предпринять необходимые меры по предотвращению чрезвычайных последствий.

Задача исследования – провести обследование существующих защитных сооружений с расчетом основных характеристик селевых потоков в составе геотехнического мониторинга с целью разработки рекомендаций по стабилизации ситуации (при необходимости).

Материалы и методы исследования

Участок работ расположен в восточном районе г. Новороссийска, на территории перевалочного комплекса «Шесхарис». Ближайшие к нему железнодорожные станции: Грушовая, расположенная в двух километрах к северо-западу на железнодорожной ветке Крымская – Грушовая, и Новороссийск, в семи километрах к северо-западу от Промежуточной нефтеперекачивающей станции (далее – ПНБ) «Шесхарис». Железнодорожные станции имеют погрузочно-разгрузочные площадки.

В непосредственной близости от участка изысканий проходит асфальтированная автодорога, которая начинается от автодороги I технической категории Краснодар – Новороссийск в районе г. Крымска, идет вдоль железнодорожной ветки Крымская – Грушовая, мимо станции Неберджаевская, через ПНБ Грушовую, Главный Кавказский хребет (Маркотхский перевал) и в районе ПНБ «Шесхарис» примыкает к федеральной автодороге I технической категории Москва – Новороссийск (см. рис. 1).

Район изысканий расположен в южной, предгорной части Краснодарского края; по климатическому районированию для строительства относится к району IV Б. Затяжные

ливневые дожди наблюдаются здесь преимущественно в теплое время года. Наиболее сильные осадки наблюдались в июле 2012 г. По данным метеостанции «Новороссийск», за сутки (с 7 часов 6 июля до 7 часов 7 июля) выпало 285 мм осадков, что превысило месячную норму более чем в 4 раза.

В районе г. Новороссийска складывается классический комплекс орографических условий, благоприятных для развития такого явления, как бора – порывистого холодного ветра северо-восточного направления, отличающегося интенсивностью и разрушительной силой [6]. Образуется бора преимущественно в холодное время года.

В соответствии с нормативным документом СНиП 23-01-99* «Строительная климатология» перечень опасных метеорологических процессов и явлений, наблюдавшихся на территории района изысканий и требующих учета при проектировании, приведен в табл. 1.

Образование селевых потоков напрямую связано с периодами повышенной увлажненности. На рис. 2 представлен график суммарного количества осадков за 2018–2024 гг. [7].

Таблица 1. Опасные метеорологические явления

Процессы и явления	Количественные показатели проявления	Максимальное значение
<i>Метеостанция «Новороссийск»</i>		
Дождь	Слой осадков более 50 мм за 12 ч и менее	187,2 мм (7 июля 2012 г.)
Ливень	Слой осадков более 30 мм за 1 ч и менее	56 мм (15 августа 1947 г.)
Сильный снег	Слой осадков более 20 мм за период 12 ч и менее	54 мм (12 марта 1968 г.)
Ветер	Скорость более 30 м/с, для морских побережий – более 35 м/с, при порывах – более 40 м/с	45 м/с (14 января 1974 г.)
Гололед	Диаметр гололеда не менее 20 мм	22 мм (17 декабря 2001 г.)

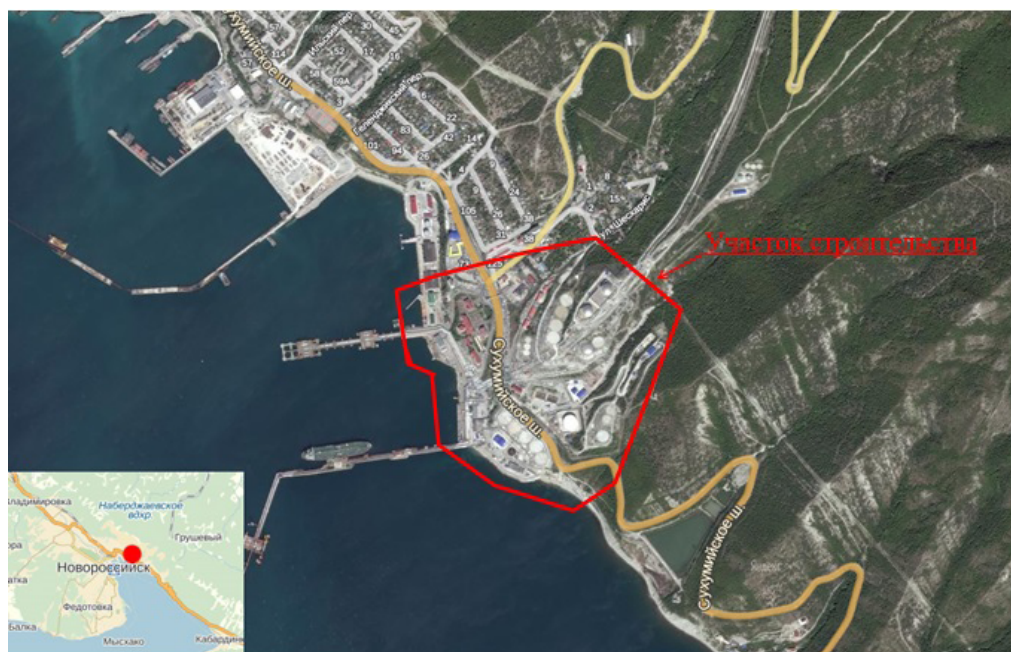


Рис. 1. Схема расположения объекта мониторинга

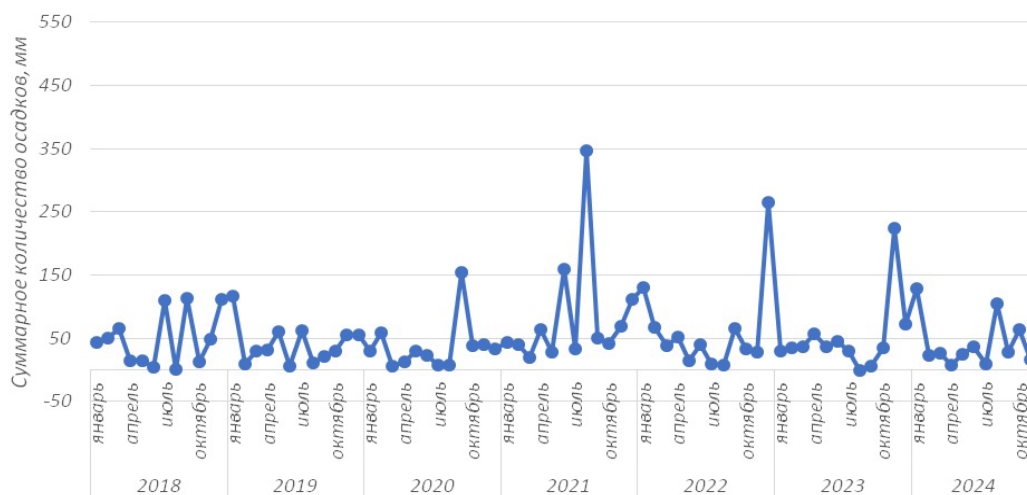


Рис. 2. Суммарное количество осадков по данным сайта rp5.ru

Большая часть наводнений на Черноморском побережье Краснодарского края за последние годы зафиксирована в период с июня по ноябрь (75 %), что соответствует наибольшему количеству осадков на графике (рис. 2) [8].

На участке изысканий развиты следующие экзогенные геологические процессы: выветривание, подтопление, селевые и оползневые явления. Все они тесно связаны между собой, активизируясь в связи с хозяйственной деятельностью человека и оказывая негативное влияние на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений.

Согласно СНиП 22-01-95, территория Новороссийска по степени селеопасности относится к умеренно опасным, что соответствует III категории селевой опасности (рис. 3) [9].

Исследуемый ручей «14-е ущелье» берет начало на абсолютной высоте 625 м, на южном склоне Маркотхского хребта; течет с северо-востока на юго-запад и впадает в Черное море; относится к пересыхающим горным ручьям. Уклон русла ручья – 197 ‰, уклон склонов водосбора – 340 ‰, что весьма значительно и способствует формированию высоких дождевых паводков.

В районе названного ущелья участились случаи выпадения ливневых дождей с большим количеством осадков – в результате образуются водо-каменные селевые потоки. Содержание воды в них может составлять до 70 % от общего объема; их гранулометрический состав представлен в табл. 2.

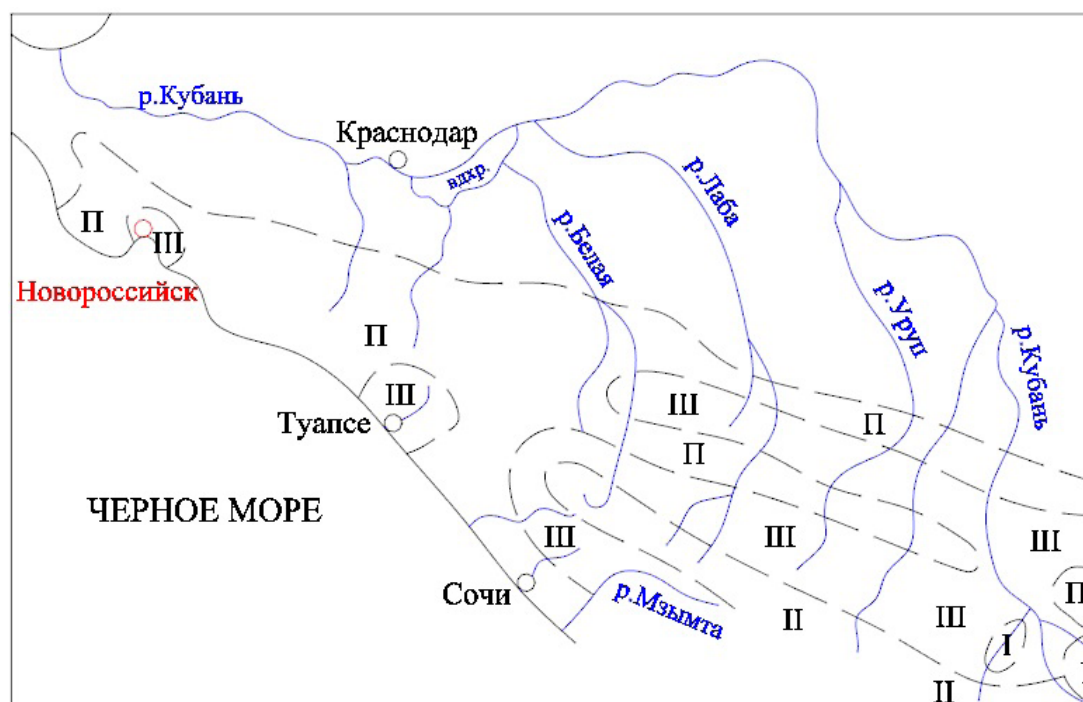


Рис. 3. Категории селеопасности (зона Западного Кавказа):

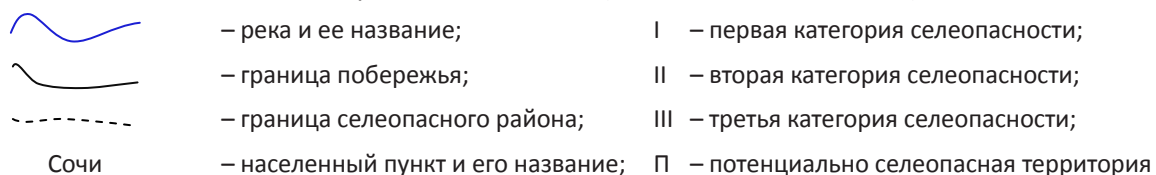


Таблица 2. Гранулометрический состав селевых отложений

Тип фракции		Размер частиц, d , мм	Содержание, %	Обеспеченность, %
Крупно-обломочные	валунный	> 400,0	1,14	100,0
	глыбовый	> 300,0	1,16	98,86
		> 200	2,45	97,7
		> 100	14,46	95,25
		> 60	17,12	80,79
		> 40	16,38	63,67
		> 20	18,94	47,29
	галечниковый	> 10	9,49	28,35
		> 5	8,48	18,86
	гравийный	> 2	7,02	10,38
Пески	гравелистый	> 1	1,56	3,36
	крупный	> 0,5	1,63	1,80
	средней крупности	> 0,25	0,10	0,17
	мелкий	> 0,1	0,06	0,17
	пылеватый	< 0,1	0,01	0,01

Для принятия проектных решений по защите территории от селевых потоков и селеподобных паводков максимальный расход селей при 1%-й обеспеченности определен согласно ВСН 03-76.

Максимальный расход селевого потока, сформированный ливневыми осадками, рассчитывается по формуле

$$Q_{ср} = q_{1\%} \cdot m_a \cdot \lambda'_p \cdot \left(\frac{1}{W_{отр}} \right)^{1,08} \cdot F, \quad (1)$$

где $Q_{ср}$ – максимальный расход селевого потока; $q_{1\%}$ – модуль максимального дождевого стока вероятностью превышения $P = 1\%$, $\text{м}^3/(\text{с} \times \text{км}^2)$; m_a – коэффициент, зависящий от гидрологического района расположения водосбора; λ'_p – переходный коэффициент от селевого расхода обеспеченностью $P = 1\%$ к расходу другой обеспеченности; $W_{отр}$ – коэффициент текучести селевой массы; F – площадь водосбора.

Результаты расчетов сведены в табл. 3.

Таблица 3. Характеристики селевого потока

Название параметра	Обозначение	Единица измерения	Значение
Расчетная вероятность ежегодного превышения максимального расхода селевого потока	P	%	1
Объемный вес твердого компонента селя	γ_m	т/м ³	1,37
Средняя скорость течения селевого потока	$V_{ср}$	м/с	3,5
Средняя глубина живого сечения	$h_{ср}$	м	0,88
Средняя скорость течения селевого потока	$V_{макс}$	м/с	6,3
Средняя глубина живого сечения	$h_{макс}$	м	1,32
Условная ширина селевого потока по верху	B_y	м	11,9
Максимальный расход селя	$Q_{ср}$	м ³ /с	38,0
Объем селевого паводка (твердая и жидкая фазы)	$W_{ср}$	м ³	31800
Объем дождевого паводка	$W_{вр}$	м ³	41600
Объем выноса твердых материалов (в плотном теле) за расчетную волну селевого паводка	$W_{мр}$	м ³	6900
Объем селевых отложений (в рыхлом теле) на участке расчетного створа	$W_{рыхр}$	м ³	8075
Среднегодовой объем выносимых твердых материалов	$W_{тг*}$	м ³	1300

*ТГ – среднегодовой твердый сток согласно ВСН 03-76 (Инструкции по определению расчетных характеристик дождевых селей).

Определение основных характеристик селевого потока проведено с целью сопоставления значений с теми расчетными (по проекту), что непосредственно влияют на подбор сооружения при проектировании. Выраженное отклонение его значений может быть основой

для принятия решений по укреплению или переустройству существующих сооружений.

Селевые потоки часто приурочены к ложбинам и долинам горных рек, по которым и движется селевой поток; при выходе на прилегающие равнины он распадается на ряд протоков [10].

Результаты исследований и их обсуждение

С целью предотвращения катастрофических последствий активизации селевых процессов на объекте возведены селеулавливающие

гребенки инженерной защиты 14-го ущелья (рис. 4).



Рис. 4. Общий вид селеулавливающих гребенок инженерной защиты 14-го ущелья

Для защиты прилегающих линейных и площадных объектов в русле 14-го ущелья возведен комплекс, который при образовании в русле селевого потока значительно снизит скорость, а также будет задерживать твердую и древесно-кустарниковую составляющие. В итоге уменьшится разрушительная сила потока, следовательно, будет обеспечено бесперебойное функционирование прилегающих объектов.

Такие сооружения, как противоселевые барьеры, являются динамическими объектами, так как они подвергаются смещениям за счет внешних (природных) и внутренних нагрузок. В результате воздействия данных деформирующих факторов сооружения отклоняются от своего исходного положения. Эти отклонения носят циклический характер, и без должного наблюдения сооружение со временем перестает надлежащим образом выполнять свои функции [11].

В целях обеспечения безопасности населения, в том числе безопасной эксплуатации прилегающих объектов, а также для своевременного выявления отклонений сооружений от исходного положения и предупреждения развития опасных геологических процессов на объекте проводится непрерывный геотехнический мониторинг [12].

В ходе мониторинга отслеживается перемещение координат за цикл при наличии нулевого цикла, являющегося опорным при определении перемещений за первый цикл. Также в нулевом цикле при необходимости закладываются пункты для развития съемочного обоснования, съемочные точки (стенные марки, грунтовые реперы и др.), производится изучение местности.

Также осматриваются сооружение, склон, защищаемый участок, посредством схем, чертежей, фотографий фиксируются дефекты, составляются ведомости дефектов, оформляется заключение по общему состоянию и разрабатываются рекомендации по устранению обнаруженных дефектов.

Для определения перемещений защитных сооружений по верху подпорных стен заложены стенные марки, по которым и будет проводиться съемка в процессе мониторинга.

Цикличность геодезической съемки после ввода объекта в эксплуатацию устанавливается с частотой 1 месяц при отсутствии перемещений, превышающих допустимое значение, которое определяется соответствующими расчетами (5 мм); временной промежуток между циклами увеличивается. Геодезическая съемка с учетом сложных условий проведения работ базируется на методе полярных координат.

нат; по возможности рекомендуется применять метод прямой линейно-угловой засечки.

Таким образом, по результатам двух циклов произведен расчет перемещения координат съемочных точек по формуле (табл. 4)

$$\Delta S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta H^2}, \quad (2)$$

где ΔX – перемещение координат по оси x ;

ΔY – перемещение координат по оси y ;

ΔH – перемещение координат по высоте (h).

Для четырех защитных сооружений, на которых в совокупности установлено 33 знака, наибольшее перемещение (ΔS) зафиксировано на стенных марках Rp 14.4, 14.7, 14.8 и составило 2 мм (сооружение 14-го ущелья), что соответствует допустимому значению.

Таблица 4. Ведомость высотно-плановых перемещений
стенных марок для защитных сооружений

№ п/п	Тип знака	№ знака	Перемещения за цикл, мм			
				ΔY	ΔH	ΔS
1	Стенные марки	Rp 14.1	–1	–1	0	1
2		Rp 14.2	–1	–1	0	1
3		Rp 14.3	0	1	0	1
4		Rp 14.4	–1	–1	1	2
5		Rp 14.5	0	0	–1	1
6		Rp 14.6	–1	0	1	1
7		Rp 14.7	–1	–2	0	2
8		Rp 14.8	–1	2	0	2
9		Rp 20.1	–1	–1	0	1
10		Rp 20.2	0	–1	0	1
11		Rp 20.3	0	0	0	0
12		Rp 20.4	0	–1	0	1
13		Rp 20.5	0	0	0	0
14		Rp 21.1	–1	0	1	1
15		Rp 21.2	1	1	0	1
16		Rp 21.3	0	0	0	0
17		Rp 21.4	1	0	1	1
18		Rp 21.5	0	0	0	0
19		Rp 21.6	1	0	1	1
20		Rp 21.7	0	0	1	1
21		Rp 21.8	0	0	1	1
22		Rp 21.9	0	0	0	0
23		Rp 21.10	0	1	0	1
24		Rp 21.11	0	1	0	1
25		Rp 21.12	0	0	1	1
26		Rp 21.13	0	0	0	0
27		Rp 21.14	0	0	0	0
28		Rp 22.1	1	0	–1	1
29		Rp 22.2	0	–1	1	1
30		Rp 22.3	–1	1	0	1
31		Rp 22.4	0	0	0	0
32		Rp 22.5	0	0	0	0
33		Rp 23.1	0	0	–1	1

Заключение

В гранулометрическом составе селевых потоков 14-го ущелья преобладают глыбоватые фракции 20–200 мм (66,9 %). Максимальный расход селевого потока по расчету составил $Q_{ср} = 38,0 \text{ м}^3/\text{с}$.

Результаты полевых работ и последующей камеральной обработки показали, что за период *цикл 0 – цикл 1* планово-высотные перемещения (ΔS) геодезических знаков, заложенных в период проведения работ нулевого цикла, не превышают допустимые погрешности измерений (5 мм). Максимальные перемещения получены на сооружении 14-го ущелья и составили 2 мм. Объект находится в стабильном работоспособном состоянии, что подтверждено результатами геотехнического

мониторинга и визуальным осмотром. Следовательно, не подтверждена необходимость увеличивать частоту проведения геодезических наблюдений. Принятие мер по разработке или усилению защитных мероприятий не требуется.

Для поддержания работоспособного состояния сооружений рекомендуется проводить периодические чистки после обильных паводков, которые за последние 6 лет зафиксированы в период с июня по ноябрь (75 % всех осадков).

При наличии данных за три и более цикла можно строить прогнозы об активности опасных геологических явлений на исследуемом участке.

Библиографический список

1. Дзаганя, Л. М. Применение лесомелиорации для селезащиты на Черноморском побережье Западного Кавказа / Л. М. Дзаганя // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита : тр. 6-й Междунар. конф., г. Душанбе – Хорог, 20–26 сент. 2021 г.: в 2 т. / Селевая ассоциация, Нац. академия наук Таджикистана ; отв. ред. С. С. Черноморец, К. С. Висхаджиева. – Душанбе : Промоушн, 2021. – Том 1. – С. 405–417.
2. Маций, С. И. Противоселевая защита : монография / С. И. Маций, Л. А. Сухляева. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – 168 с.
3. Сергиенко, Е. А. Геотехнический мониторинг сооружений инженерной защиты и опасных геологических процессов / Е. А. Сергиенко, В. С. Шевченко, В. В. Угринов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам IX Всерос. конф. молодых ученых, г. Краснодар, 24–26 нояб. 2015 г. / Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – С. 876–877.
4. Маций, С. И. Геотехнический мониторинг : метод. указания / С. И. Маций, А. К. Рябухин // Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 51 с.
5. Проектирование и строительство противоселевых сооружений для защиты автомобильных дорог : отраслевой дорожный методический документ : распоряжение М-ва транспорта Рос. Федерации от 17.08.2015 № 1469-р. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050231> (дата обращения: 20.03.2025).
6. Сокольская, О. Н. Градо-климатическое зонирование города Новороссийска с учетом особенностей ветрового режима / О. Н. Сокольская, В. В. Каранова // Строительство: наука и образование. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 33–45. <https://doi.10.22227/2305-5502.2022.4.3>
7. rp5.ru. Расписание погоды : погода в 240 странах мира. – С.-Петербург. – URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения: 11.11.2024).
8. Гниломедов, Е. В. Обзор опасных гидрологических явлений Краснодарского края / Е. В. Гниломедов // Тр. Всерос. науч.-исслед. ин-та гидрометеоролог. информации – мирового центра данных. – 2018. – № 183. – С. 105–134.
9. Хворостов, В. В. Некоторые особенности селевых процессов в бассейнах рек Черноморского побережья Краснодарского края / В. В. Хворостов // География Краснодарского края: антропогенные воздействия на окружающую среду : сб. науч. тр. / Кубан. гос. ун-т. – Краснодар, 1996. – С. 26–33.

10. Лаврушин, Ю. А. Особенности динамики высокоскоростного осадконакопления водоканальных селевых потоков горных долин и склонов / Ю. А. Лаврушин // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. – 2018. – № 76. – С. 110–134.

11. Фялковский, А. Л. Обработка данных при геодезическом мониторинге динамических объектов с использованием ГНСС / А. Л. Фялковский // Инженерные изыскания. – 2017. – Т. XI, № 9. – С. 42–52. <https://doi.org/10.25296/1997-8650-2017-9-42-52>

12. Лесной, В. А. Геотехнический мониторинг сооружений инженерной защиты автомобильных дорог / В. А. Лесной, С. И. Маций // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам X Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 120-летию И. С. Косенко, г. Краснодар, 26–30 нояб. 2016 г. / Кубан. гос. аграр. ун-т им. И. Т. Трубилина. – Краснодар, 2017. – С. 1096–1097.

Поступила 7 мая 2025 г.