



Особенности устройства дренажа обратной засыпки пазух подпорных стен в зависимости от типа подтопления и конструкции сооружения

В.В. Подтелков, А.В. Прокопенко, Д.С. Зеленков, М.А. Бегеретова

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

Аннотация: Расположение крупных логистических центров на участках горного рельефа требует, как правило, устройства защитных подпорных стен. Условия строительства зачастую осложнены антропогенными изменениям рельефа в виде насыпей, выемок, технологических площадок и проездов, а также коридорами коммуникаций. В указанных условиях при наличии подтопления и сейсмичности площадки необходимо устройство пристенного дренажа и поверхностного водоотвода от конструкций подпорных стен. В работе приведены варианты решения конструктива дренажа обратной засыпки пазух подпорных защитных стен в зависимости от инженерно-геологических, инженерно-гидрогеологических условий территорий и конструкции сооружения. В частности, для стен высотой более 3,6 м и с возможностью вывода дренажных вод на лицевую сторону сооружения рекомендуется устройство застенного дренажа с геотекстилем по слою жирной глины в уровне наружной отмостки и обратная дренирующая засыпка ГПС. Для стен высотой до 3,6 м и с запретом вывода дренажа на соседнюю территорию наиболее приемлемым будет вариант застенного дренажа с отводом воды вдоль дренажной трубы на край сооружения.

Ключевые слова: подпорная стена, техногенные грунты, подтопление территории, сейсмичность площадки, установившийся уровень грунтовых вод, застенный дренаж, дренирующая засыпка.

Расположение крупных логистических центров на участках горного рельефа, таких как РЦ «Пятерочка» в г. Новороссийске, предусматривает, как правило, устройство подпорных стен для защиты как самого объекта, так и окружающих существующих зданий и сооружений от действия опасных геологических процессов [1]. Указанный объект находится в непосредственной близости от транспортной инфраструктуры железнодорожной станции Новороссийск Северо-Кавказской железной дороги, расположенной в европейской части Российской Федерации, в юго-западной части Краснодарского края, в северной части г. Новороссийска, в северо-западной части Цемесской бухты.

Участок строительства представляет собой спланированную, ровную, слабонаклонную в северо-восточном направлении поверхность [2, 3]. Район



работ располагается в пределах низких приморских равнин, в границах подтипа рельефа приморских новейших грабен. В геологическом строении площадки принимают участие флишевые коренные породы верхнемелового возраста, аллювиальные верхнечетвертичные отложения поймы, перекрытые насыпными грунтами.

Природный рельеф полностью изменён хозяйственной деятельностью человека [4]. Природный ландшафт нарушен, почвенно-растительный слой практически отсутствует. Антропогенные формы рельефа представлены насыпями и выемками, искусственными полками под площадками резервуаров и другими технологическими сооружениями, дорогами, коридорами коммуникаций [5].

Техногенная нагрузка сформирована во время планировки территории сетью подземных, наземных сооружений и коммуникаций, местных автодорог и продолжает формироваться в настоящее время, вследствие интенсивной деятельности промышленных предприятий [6, 7]. Комплекс инженерно-технических сооружений и коммуникаций оказывает влияние на состояние окружающей среды, антропогенное вмешательство является фактором техногенного преобразования рельефа [8].

В геоморфологическом отношении район расположен на побережье Черного моря в южной предгорной зоне Северного Кавказа. Водотоки южного склона западной оконечности горной системы Большого Кавказа, впадают в Черное море. Равнинные участки здесь невелики и занимают низовья речных долин или приурочены к морским террасам четвертичного возраста. Водотоки района берут начало с южных склонов невысоких гор Западного Кавказа и относятся к бассейну Чёрного моря. Поверхность бассейна, в основном, покрыта лесом (80%).

Водный режим водотоков характеризуется прохождением паводков в течение осенне-зимнего периода с декабря по март месяц. В период с июня по ноябрь



наблюдается довольно устойчивая летне-осенняя межень, иногда нарушаемая дождевыми паводками, при интенсивных ливневых осадках. Внутригодовое распределение стока крайне неравномерное: в средний по водности год 69% годового стока проходит в период с декабря по март, остальные 31% - в период с апреля по ноябрь. Паводки отличаются большой интенсивностью подъёма и короткой продолжительностью стояния высоких уровней. Продолжительность стояния наивысшего уровня паводка, его пика - от одного до нескольких часов.

В геологическом строении изучаемого участка до разведанной глубины 22,0 м принимают участие коренные породы верхнего мела, четвертичные аллювиальные отложения, четвертичные аллювиально-делювиальные отложения, перекрытые с поверхности современными четвертичными техногенными отложениями [9].

По результатам полевых и лабораторных исследований грунтов на участке выделено 4 инженерно-геологических элемента (ИГЭ):

ИГЭ-1. Щебенистый грунт средней степени водонасыщения;

ИГЭ-2. Щебенистый грунт средней степени водонасыщения;

ИГЭ-3. Мергели пониженной прочности, плотные, размягчаемые, средневыветрелые, трещиноватые;

ИГЭ-4. Мергели малопрочные, плотные, размягчаемые, средневыветрелые, трещиноватые.

На участке изысканий из специфических грунтов встречены техногенные грунты ИГЭ-1. Грунты классифицируются как завершившие процесс самоуплотнения. По литологическому составу однородны. Техногенные грунты образованы в результате планомерно возведенных насыпей и массивов.

Фрагменты инженерно-геологических разрезов представлены на рисунках 1-2.

Сводная таблица физико-механических характеристик приведена в таблице 1:



Таблица №1

Рекомендуемые значения деформационно-прочностных характеристик грунтов

Геологический индекс	Класс, Тип, Вид, Подвид	№ ИГЭ	Описание грунтов	Характеристика, единица измерения				Примечание
				R _{сг} , МПа	E, МПа	C _п , кПа	φ _п , град	
tQ _{IV}	Класс – техногенные; Подкласс – несвязные; Тип – перемещенные; Подвид – крупнообломочные грунты	ИГЭ-1	Щебенистый грунт средней степени водонасыщения сильновыветрелый пониженной прочности с суглинистым полутвердым заполнителем до 40%	–	19	11	18	Рекомендуемые расчетные значения характеристик действительны для грунтов при условии сохранения их природной влажности и сложения
pdQ _{IV}	Класс – дисперсные; Подкласс – несвязные; Тип – осадочные; Подтип – пролювиально-делювиальные Вид – полиминеральные, Подвид – крупнообломочные грунты	ИГЭ-2	Щебенистый грунт средней степени водонасыщения сильновыветрелый пониженной прочности с суглинистым полутвердым заполнителем до 45%	–	18	8	18	Рекомендуемые расчетные значения характеристик действительны для грунтов при условии сохранения их природной влажности и сложения
eIK2	Класс – скальные; Подкласс – цементационные; Тип – осадочные; Вид – карбонатные; Подвид – мергели	ИГЭ-3	Мергель пониженной прочности плотный средневыветрелый размягчаемый	4,1	–	–	–	Рекомендуемые расчетные значения характеристик действительны для грунтов при условии сохранения их природной влажности и сложения
K _{2kn}	Класс – скальные; Подкласс – цементационные; Тип – осадочные; Вид – карбонатные; Подвид – мергели	ИГЭ-4	Мергель малопрочный плотный слабовыветрелый размягчаемый	10,1	–	–	–	Рекомендуемые расчетные значения характеристик действительны для грунтов при условии сохранения их природной влажности и сложения



Согласно СП 131.13330.2020 район размещения РЦ «Пятерочка» по климатическому районированию для строительства относится к подрайону IV Б. Климат исследуемого района, ближе всего к средиземноморскому, характеризуется умеренно жарким сухим летом и влажным холодным полугодием. Для характеристики климатических условий использованы данные многолетних наблюдений на метеостанции Новороссийск. Среднегодовая температура воздуха за многолетний период по МС Новороссийск составляет 13,0°C. Среднемесячная температура самого холодного месяца (января) составляет 2,9°C, самого тёплого месяца (июля) – 24,2°C. Абсолютный максимум температуры воздуха достигает 41,0°C, абсолютный минимум – минус 27,0°C.

По результатам изысканий на участке строительства выделены следующие геологические процессы: высокая сейсмичность территории и подтопление.

Расчётная сейсмичность принята на основании карт сейсмического районирования участка строительства и инженерно-геофизических изысканий, выполненных специализированной организацией в 2022 году [10].

Расчет сейсмической интенсивности произведен по карте ОСР-2015-А, где исходная сейсмичность для участка работ в городе Новороссийске Краснодарского края - 8 баллов при повторяемости сейсмических событий 1 раз в 500 лет. Расчетная сейсмичность площадки строительства для подпорных стен принята равной 8 баллам [11, 12].

Согласно приложению «И» СП 11-105-97, ч.II данная территория по подтопляемости относится к подтопленным в естественных условиях - I-A-1.

Другого активного проявления опасных физико-геологических процессов, способных повлиять на устойчивость проектируемых сооружений (карст, суффозия, оползни и др.) не наблюдается.



Подземные воды на момент изысканий (апрель-май 2022 г.) до разведанной глубины 22,0 м встречены на глубине 1,3-10,5 м, что соответствует абсолютным отметкам от -3,5 м до 11,0 м. Установившийся уровень грунтовых вод зафиксирован на глубине 0,7-10,0 м, что соответствует абсолютным отметкам -1,1-9,0 м. Воды обладают напором, высота напора 0,1-4,5 м. По условиям залегания грунтовые воды приурочены к четвертичным аллювиально-делювиальным отложениям.

По результатам лабораторных исследований вода является хлоридно-гидрокарбонатной натриево-магниевой-кальциевой с водородным показателем pH - 7,89. Подземные воды по степени агрессивного воздействия сульфатов и хлоридов на бетоны марок по водонепроницаемости W4-W20 – неагрессивные.

Бетонные поверхности подпорных стен, засыпаемые грунтом необходимо защитить гидроизоляционным материалом типа "Гермокрон-Гидро" или аналогичным материалом. При этом категория поверхностей бетона, покрываемых обмазочной гидроизоляцией должна быть А6, в соответствии с ГОСТ 13015-2012. По верху стены требуется предусмотреть монолитную железобетонную банкетку с закладными деталями для крепления ограждения.

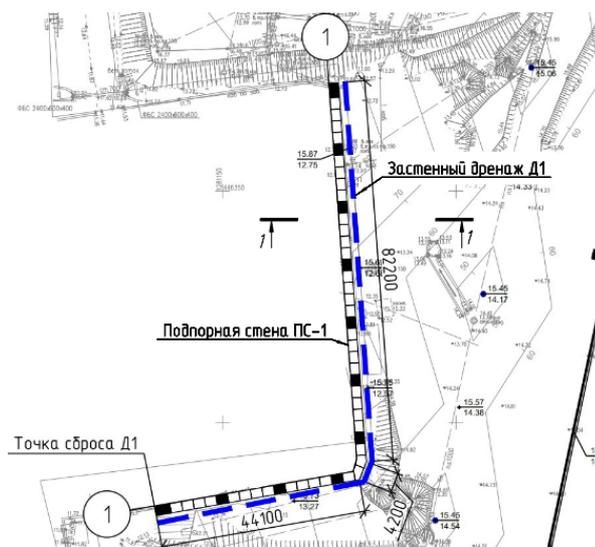
Подпорную стену необходимо разбить на секции, между которыми выполнить температурно-деформационный шов шириной 50 мм. В деформационный шов требуется установить гидрошпонку типа ИМ-260/50 или аналог. В зазор от гидрошпонки до наружной стороны, как правило, устанавливается теплоизоляционный шнур «Вилатерм» диаметром 60 мм или аналог. Оставшееся пространство деформационного шва можно заполнить герметиком «Изокром Г» или аналогичным материалом. Пространство между смежными поверхностями ростверка или фундаментной плиты заполняются, обычно, просмоленной доской толщиной 50 мм.

Для отвода воды с откоса насыпи в верхнем уровне подпорной стены необходимо предусмотреть железобетонный лоток, далее по водоотводным трубам вода может отводиться, например, в водоприёмную канаву, устраиваемую вдоль подпорной стены.

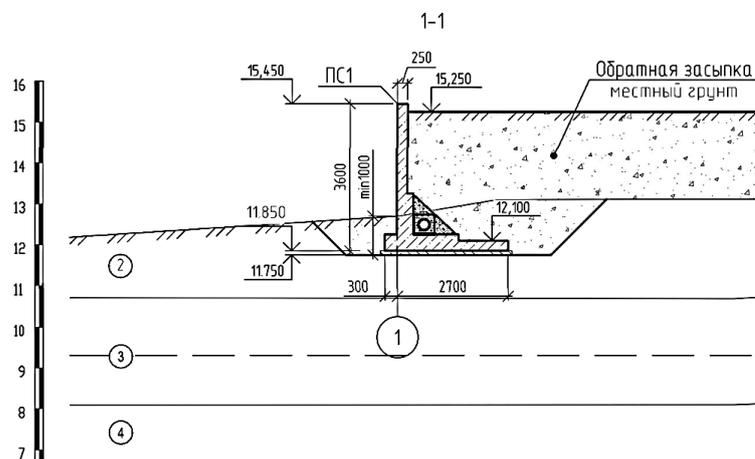
В целях снижения давления паводковых и грунтовых подземных вод на боковую поверхность подпорных стен со стороны склона в конструктиве обратной засыпки необходимо предусмотреть застенный дренаж.

Для отвода дренажной воды в случае невозможности ее вывода на лицевую поверхность подпорной стены выполняют застенный дренаж, состоящий из щебеночной призмы, заключённой в обойму из геотекстиля, вокруг дренажной трубы по слою жирной глины (рис. 1).

а)



б)



В)

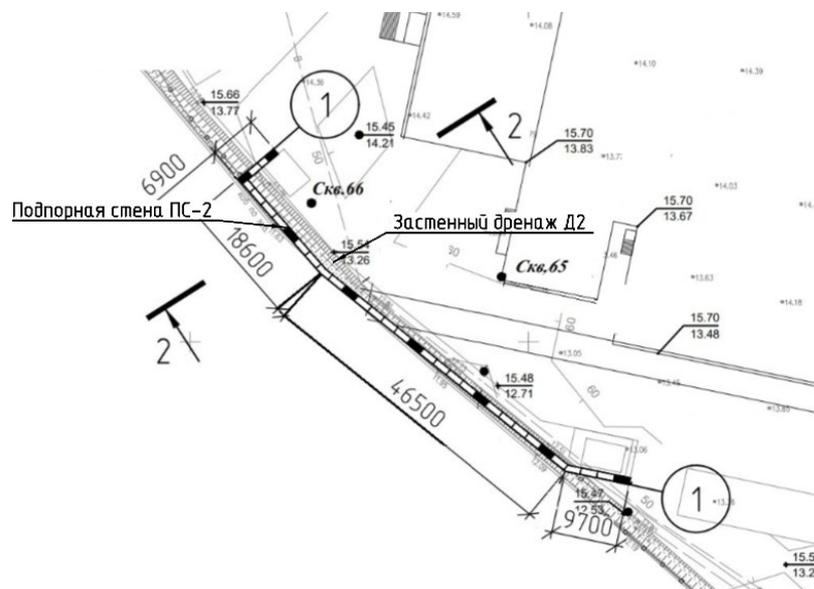


Рис. 1. – Схема размещения (а), конструктива (б) и устройства застенного дренажа Д1 (в) подпорной стены ПС-1 с отводом дренажных вод вдоль стены

Если же отвод дренажных вод возможен на лицевую сторону, то в подпорной стене устанавливают дренажные трубки (рис. 2). Дренажные трубки, как правило, устраиваются выше поверхности отмостки в среднем на 500 мм, но не менее 150 мм (количество дренажных трубок – не менее 3 шт. на секцию длиной 10-15 м и 2 шт. на секцию длиной 5-7 м).

В промежутке между лицевой гранью стены и водоотводной канавой требуется устройство монолитной железобетонной отмостки толщиной не менее 0,1 м. Отмостка устраивается по слою щебня толщиной 0,1-0,15 м.

а)



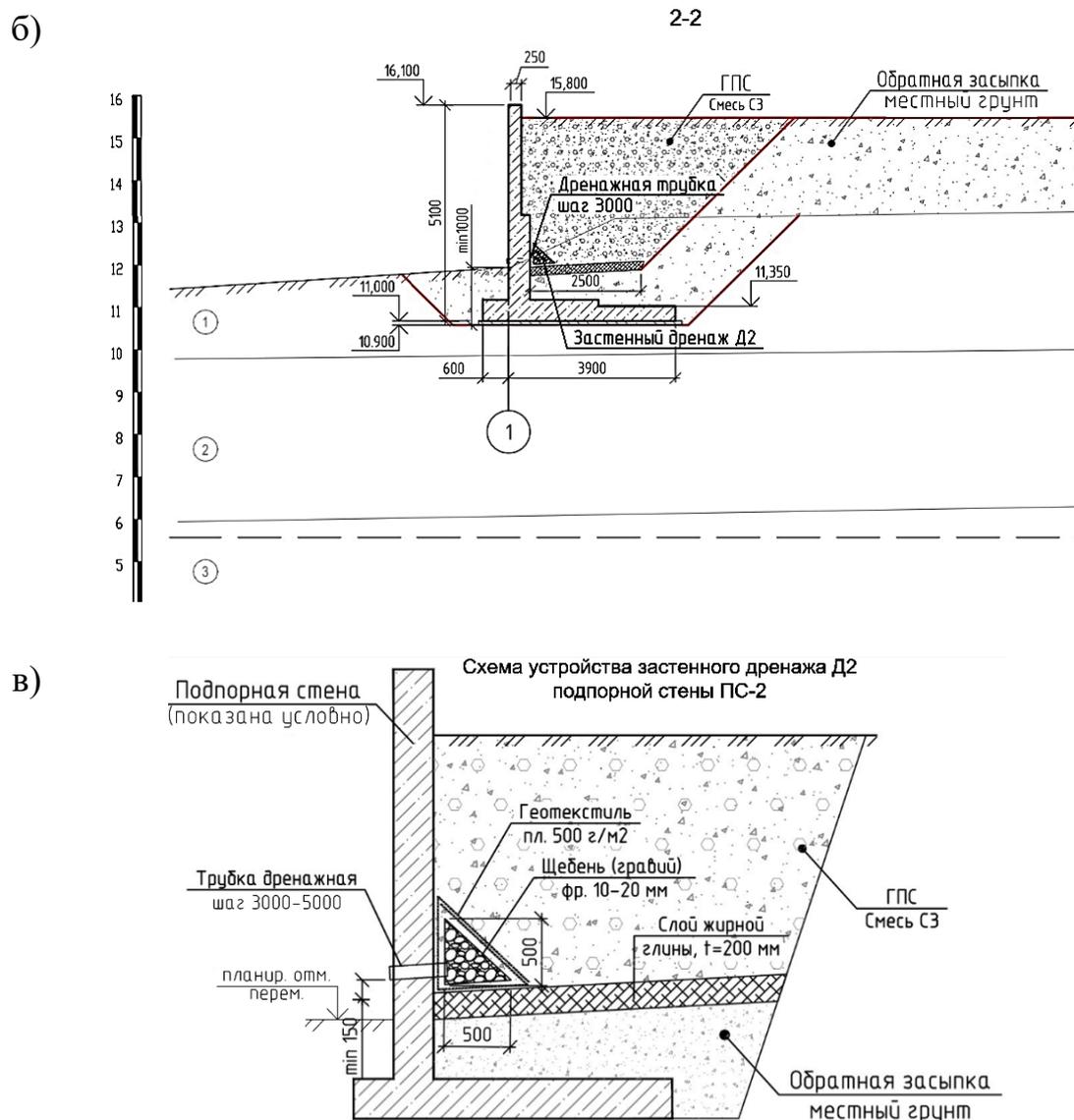


Рис. 2. – Схема размещения (а), конструктива (б) и устройства застенного дренажа Д2 (в) подпорной стены ПС-2 с отводом дренажных вод на лицевую сторону

Выводы

1. Для инженерно-геологических и инженерно-гидрогеологических условий строительной площадки РЦ «Пятерочка» в г. Новороссийске, характеризующихся наличием слоя самоуплотненных техногенных грунтов и довольно высоким уровнем напорных грунтовых вод возможно возведение защитных подпорных стен с фундаментами мелкого заложения и обязательным устройством дренажа обратной засыпки пазух сооружений.



2. В указанных условиях для стен высотой более 3,6 м и возможностью отвода дренажных вод через дренажные трубки на лицевую грань сооружения наиболее приемлемым будет застенный дренаж в виде треугольной призмы из щебня (гравия) фракции 10-20 мм в обойме из геотекстиля плотностью 500 г/м², уложенный по слою жирной глины толщиной не менее 200 мм.

3. В случае запрета отвода дренажных вод на лицевую сторону подпорной стены и высоте сооружения не более 3,6 м рекомендуется устройство застенного дренажа с отводом воды через дренажную трубу вдоль стены на край сооружения.

Литература

1. Курукина В.А. Воздействие подземных вод на конструкции подпорных стен // Фундаментальные и прикладные научные исследования. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2023. С. 176-179.

2. Масаев Ю.А., Масаев В.Ю., Аксенова А.Ю. Прогрессивные технологии для сооружения объектов гидротехнического комплекса // Рекультивация выработанного пространства: проблемы и перспективы. Белово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. с. 61-68.

3. Полуниин В.М., Дьяконов И.П., Башмаков И.Б., Болотов Д.А. Решение задачи установившейся фильтрации грунтовых вод методом конечных элементов // Геотехника, 2023. Т. 15, № 4. С. 6-17.

4. Подтелков В.В., Прокопенко А.В., Зеленков Д.С., Пшидаток М.А. Проблемы устройства дорожного полотна на землях сельскохозяйственного назначения // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2021. № 173. С. 180-192.



5. Пшидаток С.К., Солодунов А.А., Белоусов И.С. Мониторинг состояния и размещения пунктов государственной геодезической сети на территории Краснодарского края // Московский экономический журнал, 2023. Т. 8, № 6. с.137-149.

6. Николаев А.П., Киселева Р.З., Киселев А.П., Гуреева Н.А. Гидротехнические сооружения водохозяйственного назначения // Волгоградский государственный аграрный университет, 2020, 96 с.

7. Lisichkin S.E., Rubin O.D., Pashchenko F.A. Results of Studies on Strengthening Retaining Walls with Composite Materials // Power Technology and Engineering, 2021. Vol. 55, No. 3. P. 373-379.

8. Каранкевич М.С., Петров Д.М., Чалова М.Ю. Дефекты и неисправности водоотводных сооружений, методы их обнаружения, предупреждения, устранения // Вестник науки и образования, 2023. № 2(133). С. 14-23.

9. Подтелков В.В., Прокопенко А.В., Зеленков Д.С., Пшидаток М.А. Вопросы достаточности инженерно-геологических изысканий на подрабатываемой территории для устройства оснований силовых полов и фундаментов логистического центра // Инженерный вестник Дона, 2024, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8929

10. Aljawadi A.S., Assi M.H., Taresh N.S. Reviewing the Possibility of Using Marginal Soils as Backfill Materials for Mechanically Stabilized Earth Retaining Walls // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. Vol. 856, No. 1. P. 012024.

11. Сидаравичуте У.Р., Пшидаток С.К. Геотехнический мониторинг противооползневых сооружений посредством геодезических измерений // Инженерный вестник Дона, 2023, № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8909

12. Ермолаева Е.Е., Выбор средств инженерной защиты от притока подземных вод в котлован глубокого заложения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 2015. № 3. С. 108-112.



References

1. Kurukina V.A. Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya. Ufa: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Nauchno-izdatel'skij centr «Vestnik nauki», 2023. pp. 176-179.
2. Masaev YU.A., Masaev V.YU., Aksenova A.YU. Rekul'tivaciya vyrabotannogo prostranstva: problemy i perspektivy. Belovo: Kuzbasskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni T.F. Gorbacheva, 2020. pp. 61-68.
3. Polunin V.M., D'yakonov I.P., Bashmakov I.B., Bolotov D.A. Geotekhnika, 2023. T. 15, № 4. pp. 6-17.
4. Podtelkov V.V., Prokopenko A.V., Zelenkov D.S., Pshidatok M.A. Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2021. № 173. pp. 180-192.
5. Pshidatok S.K., Solodunov A.A., Belousov I.S. Moskovskij ekonomicheskij zhurnal, 2023. T. 8, № 6. pp. 137-149.
6. Nikolaev A.P., Kiseleva R.Z., Kiselev A.P., Gureeva N.A. Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020, p. 96.
7. Lisichkin S.E., Rubin O.D., Pashchenko F.A. Power Technology and Engineering, 2021. Vol. 55, No. 3. pp. 373-379.
8. Karankevich M.S., Petrov D.M., CHalova M.YU. Vestnik nauki i obrazovaniya, 2023. № 2(133). pp. 14-23.
9. Podtelkov V.V., Prokopenko A.V., Zelenkov D.S., Pshidatok M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8929
10. Aljawadi A.S., Assi M.H., Taresh N.S. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. Vol. 856, No. 1. P. 012024.



11. Sidaravichute U.R., Pshidatok S.K. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8909

12. Ermolaeva E.E., Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya, 2015. № 3. pp. 108-112.

Дата поступления: 27.12.2025

Дата публикации: 3.03.2026