

УДК 624.131.1
DOI 10.17513/use.38537



CC BY 4.0

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ КОМПЛЕКСА ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРИМЕРЕ РЦ «ОЗОН» В Г. АДЫГЕЙСКЕ

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

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», Краснодар,
Российская Федерация, e-mail: margaritaaa7@yandex.ru*

Расположение локальных очистных сооружений на территории больших логистических центров зависит от ряда факторов, в том числе гидрогеологических и инженерно-геологических условий. В рамках статьи решается задача выбора оптимального положения рассматриваемых сооружений – как в плане, так и по глубине заложения в условиях строительной площадки, характеризующейся активизацией техногенного подтопления и повышенной сейсмической опасностью. Согласно выполненной оценке, подтопление на данной территории характеризуется весьма высокой степенью опасности, в таких условиях расположение локальных очистных сооружений и их инженерная защита должны обеспечивать водопонижение и гидроизоляцию подземных частей сооружения. Мероприятия по сейсмостойкости конструкций и основания фундаментов локальных очистных сооружений, в случае уточненной микросейсмостойкостью территории 7 баллов, должны обеспечивать размещение объекта на грунтах II категории по сейсмическим свойствам, а также обратную засыпку грунтом с такими же свойствами. Учитывая приведенные выше гидрогеологические и инженерно-геологические условия и связанные с ними мероприятия по инженерной защите, оптимальное расположение локальных очистных сооружений РЦ «ОЗОН» в г. Адыгейске осуществлено на северо-западе отведенного участка. Комплексный учет природных и техногенных факторов позволяет повысить устойчивость объекта и снизить риски аварийных ситуаций в условиях неблагоприятных геологических процессов.

Ключевые слова: подтопление территории, сейсмичность площадки, локальные очистные сооружения, инженерно-геологический разрез, водопонижение, гидроизоляция

OPTIMIZATION OF THE LOCATION OF FACILITIES OF A COMPLEX OF LOCAL SEWAGE TREATMENT PLANTS DEPENDING ON THE HYDROGEOLOGICAL AND ENGINEERING- GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE CONSTRUCTION SITE USING THE EXAMPLE OF THE OZON RC IN ADYGEYSK

Podtelkov V. V., Prokopenko A. V., Zelenkov D. S., Begeretova M. A.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”,
Krasnodar, Russian Federation, e-mail: margaritaaa7@yandex.ru*

The location of local wastewater treatment plants on the territory of large logistics centers depends on a number of factors, including hydrogeological and engineering-geological conditions. Within the framework of the article, the task of choosing the optimal position of the structures under consideration is solved, both in terms of plan and depth of laying in the conditions of a construction site characterized by increased man-made flooding and increased seismic hazard. According to the assessment, flooding in this area is characterized by a very high degree of danger, in such conditions, the location of local sewage treatment plants and their engineering protection should ensure dewatering and waterproofing of the underground parts of the structure. Measures for the seismic resistance of structures and foundations of local sewage treatment plants, in the case of a 7-point seismicity specified by seismic microzonation, should ensure that the facility is located on soils of category II in terms of seismic properties, as well as extensive backfilling with soil with the same properties. Taking into account the above hydrogeological and engineering-geological conditions and related engineering protection measures, the optimal location of the local treatment facilities of the OZON RC in Adygeysk was carried out in the north-west of the designated area. Comprehensive consideration of natural and man-made factors makes it possible to increase the stability of the facility and reduce the risks of emergency situations in conditions of unfavorable geological processes.

Keywords: flooding of the territory, seismicity of the site, local sewage treatment plants, engineering and geological section, dewatering, waterproofing

Введение

Локальные системы очистки сточных вод (ЛОС) относятся к ключевым элементам инженерной инфраструктуры крупных

распределительных комплексов [1-3]. Их пространственная привязка к рельефу площадки и генеральному плану застройки определяется не только топографией мест-

ности и розами ветров, но и, что критически важно, инженерно-геологическими условиями на глубинах заложения технологических емкостей и насосных агрегатов [4-6].

Рассматриваемый распределительный центр «ОЗОН» в г. Адыгейске представляет собой совокупность сооружений: основное складское здание 362×168 м, контрольно-пропускные пункты, площадка для вторсырья (15×34 м), насосная станция (6×15 м), два пожарных резервуара 10×10×10 м, блочная комплектная трансформаторная подстанция (БКТП) 15×6 м, дизель-генераторная установка (ДГУ) 10×4 м, сливная площадка и непосредственно блок ЛОС размерами 3×20 м. В строении изучаемой территории принимают участие три основные толщи отложений: техногенная (тёмно-бурые суглинки и глины, переотложенные и обогащённые включениями строительного мусора), элювиальная (тёмно-серые суглинки и глины коры выветривания) и аллювиальная, характеризующаяся переслаиванием серых глин, гумусированных зеленовато-серых суглинков, а также обводнённых пылеватых и мелких песков [7-9].

Нормативное промерзание грунтов согласно п. 5.5.3 СП 22.13330.2012 рассчитано по формуле:

$$dfn = d0\sqrt{Mt} \quad (1)$$

где $d0$ – величина, принимаемая равной для суглинков и глин 0,23; Mt – безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму в данном районе.

$$dfn = 0,23 \cdot \sqrt{0,2} = 0,23 \cdot 0,44 = 0,10 \text{ м} \quad (2)$$

Однако, ориентируясь на многолетние данные метеостанции г. Краснодара (ретроспектива с 1950 г.), для практического проектирования принята глубина промерзания 0,70 м.

Рельеф участка имеет слабый уклон, абсолютные отметки варьируются в диапазоне 44,05–50,65 м. Ранее земли использовались в сельскохозяйственных целях.

Фрагмент топографической основы с зонами потенциального размещения ЛОС (с учетом гидрогеологических ограничений) приведен на рисунке 1.

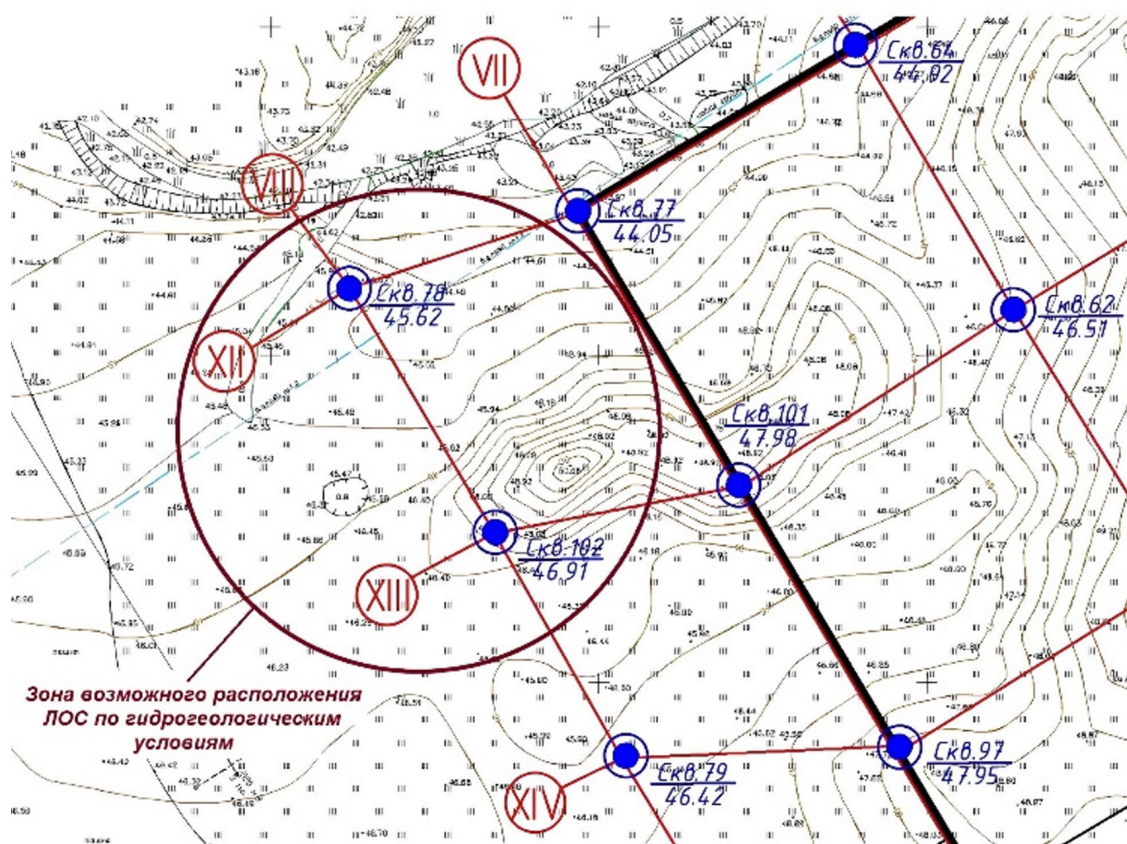


Рис. 1. Фрагмент топосъемки территории РЦ «ОЗОН» в г. Адыгейске

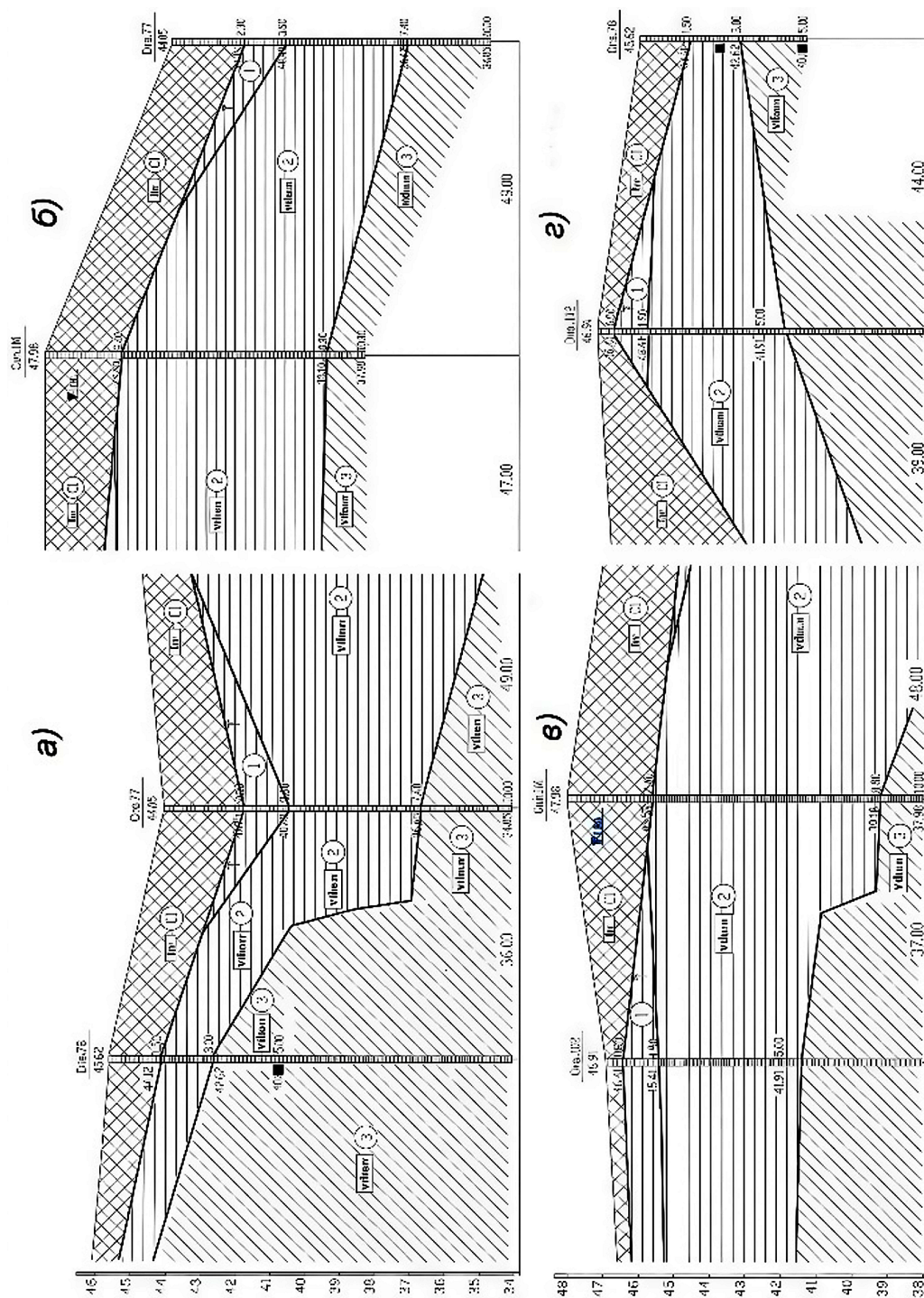


Рис. 2. Инженерно-геологические разрезы площадки в зоне возможного размещения локальных очистных сооружений: а) фрагмент разреза по линии XII-XII (рис. 1); б) то же по линии VII-VII; в) то же по линии XIII-XIII; г) то же по линии VIII-VIII

Цель исследования – обоснование оптимальных плановых и глубинных параметров заложения локальных очистных сооружений на участках с высоким риском подтопления и проявлением сейсмической активности.

Материалы и методы исследования

В ходе инженерно-геологических изысканий зафиксирован почвенный слой мощностью 0,6–1,5 м со средним содержанием гумуса 2,9%.

Для расчленения толщи грунтов в массиве на отдельные слои, оценки пространственной изменчивости свойств грунтов, количественной оценки их прочностных и деформационных характеристик было выполнено статическое зондирование посредством вдавливания в грунт стандартного зонда до глубины 15,0–20,0 м. Испытания проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 19912-2012.

Лабораторные исследования проводились по ГОСТ 20522-2012, классификация грунтов – по ГОСТ 25100-2020. В разрезе выделены: Слой 1, а также 9 инженерно-геологических элементов (ИГЭ-1 – ИГЭ-8а) [10]. Распределение выделенных элементов по простиранию и глубине с фиксацией установившегося уровня грунтовых вод (УГВ) в зоне возможного размещения ЛОС отражено на разрезах (рис. 2).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты статистической обработки физико-механических свойств грунтов по данным лабораторных исследований и рекомендуемые расчетные физико-механические характеристики грунтов, принятые по наименьшему показателю, приведены в таблице.

На изученной глубине 20,0 м идентифицирован единый водоносный горизонт порово-пластового типа, приуроченный к эолово-делювиальной толще. Уровень подземных вод зафиксирован на отметках 0,5–19,5 м от дневной поверхности. Основной источник питания – инфильтрация атмосферных осадков, второстепенный – техногенные утечки из коммуникаций. Разгрузка направлена в балку р. Чейтук [11; 12]. В пределах кровли Слоя-1 и ИГЭ-1–3 при обильных осадках и снеготаянии возможно формирование «верховодки».

Химический анализ подземных вод по СП 28.13330.2017 показал их неагрессивность по сульфатам для всех марок бетона. Для железобетонных конструкций при воздействии хлоридов регламентирован за-

щитный слой бетона 30 мм (для W6–W8). Грунты зоны аэрации неагрессивны к бетону и железобетону.

На площадке распределительного центра «ОЗОН» фиксируется устойчивое подтопление, причиной которого служит отсутствие организованного дренажа территории – в сложившихся естественных условиях [13–15]. Уровень подземных вод варьируется от 0,5 до 19,5 м от поверхности. В естественном состоянии строительная площадка постоянно подтоплена. Согласно классификации приложения СП 11-105-97 (часть II), данная территория по факту подтопления относится к области I; по условиям развития процесса – к району I-Б; по временной динамике – к участку I-Б-2. Категория опасности подтопления в соответствии с приложением Б СНиП 22-01-95 квалифицирована как весьма высокая.

При проектировании защитных мероприятий следует исключить любые изменения агрессивности грунтовых вод, а также физико-механических параметров грунтов в основаниях существующих и проектируемых сооружений.

Фоновая сейсмичность по карте АОСР-2016 (приложение А СП 14.13330.2018) составляет 7 баллов (рис. 3).



Рис. 3. Фрагмент карты АОСР-2016 с расположением объекта

Категория опасности землетрясений – «весьма опасная» (СП 115.13330.2016). При интенсивности >6 баллов высока вероятность потери несущей способности грунтами.

Категория грунтов по сейсмическим свойствам в основном – II (вторая). Исключение – Слой-1 и ИГЭ-8,8а (III категория). Для уточнения параметров выполнена сейсмическая разведка в целях микрорайонирования.

Рекомендуемые значения деформационно-прочностных характеристик грунтов

Комплекс, (группа)	Класс, тип, вид	№ слоя, ИГЭ	Описание грунтов	Характеристика, единица измерения			Примечание
				Е ₀ , МПа	С, кПа	φ, град.	
Комплекс голоценовых (QIV) техно- генных (t) образований	Класс – дисперсные; подкласс – связные; тип – техногенные; подтип – антропогенно образованные грунты; вид – антропогенно образованные грунты; подвид – антропогенно образованные грунты	Слой-1	Насыпной грунт. Глина легкая полутвердая с прослоями тугопластичной	10	38	17	Техногенные грунты Слой-1 основанием для фундамен- тов служить не могут, в ходе планировочных работ подлежат удалению
		ИГЭ-1	ПРС. Глины легкие твердые	11	44	17	Содержание гумуса составляет в среднем 2,9%
Комплекс голоценовых (QIV) элюви- альных (e) образований	Класс – дисперсные; подкласс – связные; тип – осадочные; подтип – элювиальные; вид – минеральные; подвид – глинистые грунты.	ИГЭ-2	Глина легкая твердая	25	45	19	
		ИГЭ-3	Суглинок тяжелый твердый	26	36	24	
Комплекс верхнеплей- стоценовых (QIII) эолово-делю- виальных (vd) отложений	Класс – дисперсные; подкласс – связные; тип – осадочные; подтип – аллювиальные; вид – минеральные; подвид – глинистые грунты	ИГЭ-4	Суглинок легкий твердый	29	30	24	
		ИГЭ-5	Суглинок легкий тугопластичный	17	16	26	
		ИГЭ-6	Суглинок тяжелый твердый	30	39	24	
		ИГЭ-7	Суглинок легкий полутвердый	23	35	25	
		ИГЭ-8	Пески средней крупности водо- насыщенные средней плотности среднедеформируемые	24	–	31	
		ИГЭ-8а	Пески пылеватые неоднородные водонасыщенные средней плотности среднедеформируемые	22	–	31	

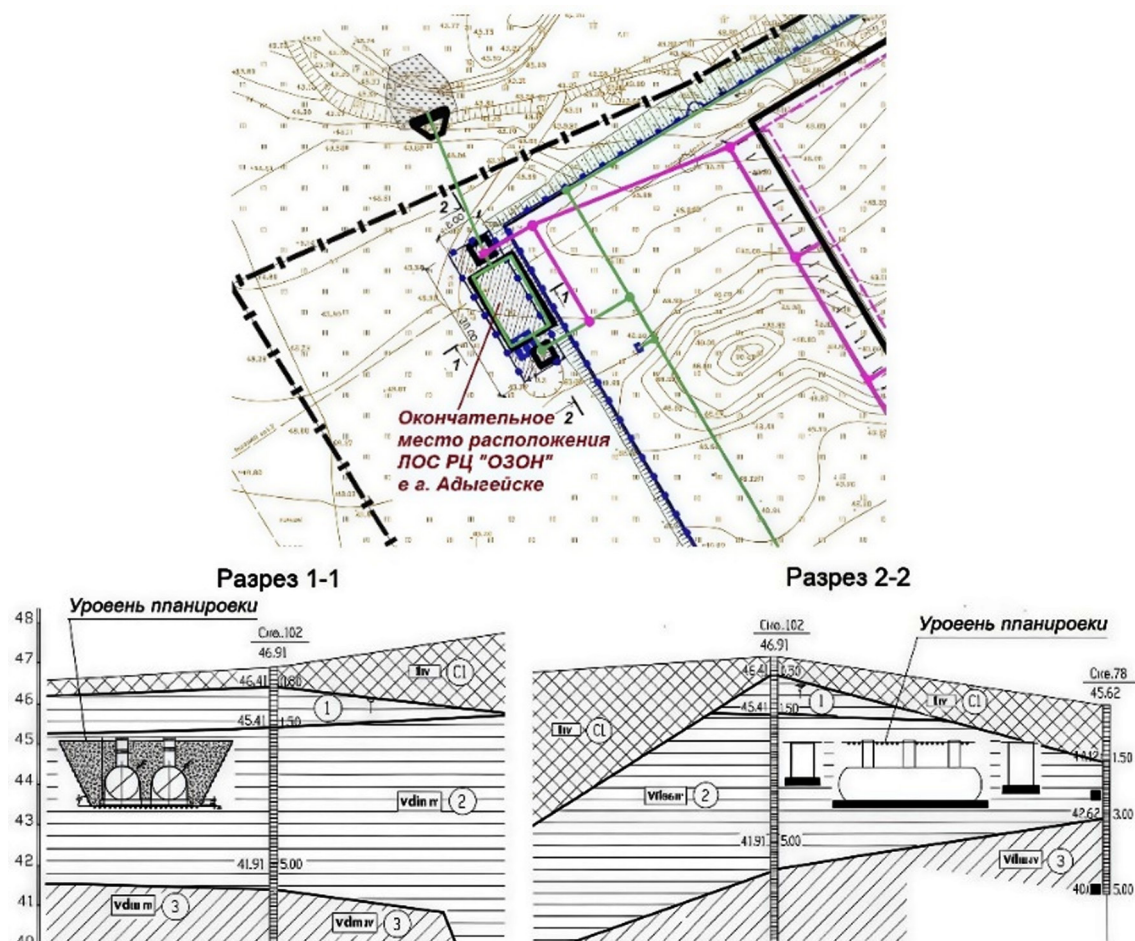


Рис. 4. Фрагмент генерального плана РЦ «ОЗОН» в г. Адыгейске с окончательным расположением локальных очистных сооружений в плане и на разрезах

Выводы

По комплексу инженерно-геологических и геофизических данных расчетная сейсмичность площадки уточнена и подтверждена как 7 баллов. Проектные решения должны соответствовать нормам СП 14.13330.2018.

Интегральный анализ опасных процессов позволил выбрать для размещения ЛОС северо-западную зону участка (рис. 4), удовлетворяющую двум противоречивым требованиям:

- обеспечение самотечного отведения ливневых и поверхностных стоков;
- минимизация воздействия грунтовых вод и сейсмических вибраций.

Котлован глубиной >5 м от уровня планировки. Поверхностный водоотвод и откачка грунтовых вод в балку р. Чейтук на весь период строительства до наполнения емкостей. Фундамент – монолитная ж/б плита 500 мм по бетонной подготовке В12,5 на уплотненном основании из грунтов

ИГЭ-2. Материал плиты – бетон В25 (W6), защитный слой 35 мм (подошва – 50 мм). Антисейсмическая мера: замещение техногенного грунта (Слой-1, III категория) грунтом ИГЭ-3 с уплотнением до 0,98. Обеспечение от всплывания: обратная засыпка траншеи выполнялась только после наполнения емкостей на 2/3 объема. Обратная засыпка пазух – песком средней крупности с уплотнением 0,95.

Изложенные в настоящей работе предложения и мероприятия по оптимизации расположения ЛОС на строительной площадке РЦ «ОЗОН» в г. Адыгейске позволяют сделать следующие выводы.

1. Размещение ЛОС на постоянно подтопленной в естественных условиях территории должно по возможности обеспечивать организацию поверхностного водоотвода, грунтовых вод на период строительства.

2. Материалы строительных конструкций подземных частей сооружения должны удовлетворять требованиям устойчивости

и долговечности при эксплуатации в гидро-геологических условиях сложной категории.

3. Выбор места расположения ЛОС на площадке с сейсмичностью 7 баллов должен быть оптимальным с точки зрения обеспечения физико-механических характеристик грунтов основания не ниже II категории по сейсмическим свойствам.

Список литературы

1. 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. DOI: 10.21515/1990-4665-173-012.
2. Дровозова Т. И., Красовская Н. Н., Марьяш С. А. Конструкция локальных очистных сооружений очистки минерализованного дренажного стока с орошаемых земель // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 5 (77). С. 336-343. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-38.
3. Винокуров К. И., Крестьянинова А. Ю. Локальные очистные сооружения поверхностного стока на автомобильных дорогах и мостовых переходах // Экология и строительство. 2019. № 4. С. 42-52. DOI: 10.35688/2413-8452-2019-04-005.
4. Пшидаток М. А., Подтелков В. В. Состав документации по планировке территории при строительстве и реконструкции линейных объектов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. Краснодар: КубГАУ, 2022. С. 682-684. EDN: AGBIND.
5. Мяки Т. В., Коленченко К. Э. Методы прогноза и моделирования подтопления подземными водами территорий интенсивного хозяйственного использования // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края (г. Краснодар, 29–30 ноября 2017 г.). Краснодар: Издательство Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина, 2017. С. 802-803. EDN: YLQZBE.
6. Скрытнич О. А., Яцкив П. Ю. Инженерная защита территории от затопления и подтопления // Актуальные вопросы мелиораций земель: сборник статей аспирантов, магистрантов и студентов. Новочеркасск: Издательство Новочеркасской государственной мелиоративной академии, 2013. Т.3. С. 60-62. EDN: TZCOZJ.
7. Пшидаток С. К., Турк Г. Г., Сарксян Л. Д., Лукьянова М. С. Инженерно-геодезические изыскания для целей подготовки проектной документации линейного объекта // Научная жизнь. 2022. Т. 17. № 2 (122). С. 206-218. DOI: 10.35679/1991-9476-2022-17-2-206-218.
8. Карпенко Н. П., Беглярова Э. С., Соколова С. А., Матвеева Т. И. Фльтрационные расчеты водопонижения при строительстве инженерных коммуникаций // Природообустройство. 2021. № 1. С. 126-133. EDN: UUXTZA.
9. Дружко А. В., Пшидаток С. К. Основные этапы проектирования специальных карт сельскохозяйственной тематики // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 71-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2015 год (г. Краснодар, 12 апреля 2016 г.). Краснодар: Издательство Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина, 2016. С. 127-130. EDN: UDRJUR.
10. 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 (109). С. 277-289. EDN: NGPKUU.
11. Пшидаток С. К. К вопросу об инженерно-геодезических изысканиях при установлении границ земельного участка // Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год: материалы Юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ (г. Краснодар, 06 апреля 2022 г.). Краснодар: Издательство Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина, 2022. С. 264-267. EDN: YCCFIZ.
12. Маклаков А. С., Гайфуллин З. Г. Оценка сейсмичности площадки сооружения // Системная трансформация – основа устойчивого инновационного развития: материалы Международной научно-практической конференции (г. Екатеринбург, 14 сентября 2024 г.). Стерлитамак: Агентство международных исследований, 2024. С. 10-13. EDN: UXAIQF.
13. Хоменко В. П. Степень «техногенности» опасных для строительства геологических процессов // Новые идеи в науках о Земле: материалы XIV Международной научно-практической конференции (г. Москва, 02–05 апреля 2019 г.). Москва: Издательство Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе (филиал), 2019. С. 240-243. EDN: VBZPNH.
14. Обухов П. В., Юдина А. Ф. Виды и способы водопонижения грунтовых вод в строительстве // StudNet. 2022. Т. 5. № 6. С. 21. EDN: CEDPZO.
15. Корнев К. Л., Маринин М. А., Ишейский В. А. Моделирование водопонижения обводненного массива // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2019. № S6. С. 313-322. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-4-6-313-322.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.