



СРО-И-037-18122012

Заказчик – ООО «Байкальская энергетическая компания», филиал ТЭЦ-9

ОТВАЛ СУХОГО СКЛАДИРОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВ

Технический отчет по результатам инженерно-геологических
изысканий для подготовки проектной документации

Часть 1. Текстовая часть. Графические приложения.

972-ИГИ1



СРО-И-037-18122012

Заказчик – ООО «Байкальская энергетическая компания», филиал ТЭЦ-9

ОТВАЛ СУХОГО СКЛАДИРОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВ

Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации

Часть 1. Текстовая часть. Графические приложения.

972-ИГИ1

Генеральный директор
ООО «Институт Красноярскгидропроект»

Главный инженер проекта



 В.А. Вайкум

 А.Е. Лебедеико

Красноярск, 2021

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОТЧЕТА

Обозначение	Наименование	Примечание
972-ИГИ1-С	Содержание тома	2
972-ИГИ1-СД	Состав отчетной технической документации по результатам инженерно-геологических изысканий	3
972-ИГИ1	Часть 1. Текстовая часть.	5
	Графические приложения	
972-ИГИ1-01, л. 1-2	Карта фактического материала. Масштаб 1:2000	70
972-ИГИ1-02, л. 1-11	Инженерно-геологические разрезы 1-1 – 11-11	72
972-ИГИ1-03, лист 1	Карта сейсмического микрорайонирования (А) для периода повторяемости 500 лет. Масштаб 1:5000	83
972-ИГИ1-03, лист 2	Карта сейсмического микрорайонирования (С) для периода повторяемости 5000 лет. Масштаб 1:5000	84

Примечание - * Номера страниц по сквозной нумерации

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

972-ИГИ1-С

Разраб.	Драчева		0921
Проверил	Поваренкин		0921
ГИП	Лебедеко		0921

Содержание тома

Стадия	Лист	Листов
И	2	69



ООО "Институт
Красноярскгидропроект"

СОСТАВ ОТЧЕТНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Номер тома	Обозначение	Наименование	Примечание
	972-ИГИ1	Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной и рабочей документации Часть 1. Текстовая часть. Графические приложения	
	972-ИГИ2	Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной и рабочей документации Часть 2. Текстовые приложения	

ПРИЛАГАЕМЫЕ ДОКУМЕНТЫ К ОТЧЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ


Номер тома	Обозначение	Наименование	Примечание
	972-ИГИ.пр	Программа работ на выполнение инженерно-геологических изысканий	

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

						972-ИГИ1-СД			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Состав отчетной технической документации по результатам инженерных изысканий	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Драчева			0921		И	3	68
Проверил		Поваренкин			0921			ООО "Институт Красноярскгидропроект"	
ГИП		Лебедеенко			0921				

СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение	6
2	Изученность инженерно-геологических условий	7
3	Физико-географические и техногенные условия	9
	3.1 Рельеф и гидрография.....	9
	3.2 Краткая климатическая характеристика.....	9
	3.3 Техногенные условия	10
	3.4 Сейсмичность района	10
4	Геологические и гидрогеологические условия района работ	11
	4.1 Геологическое строение.....	11
	4.2 Гидрогеологические условия	11
5	Методика и объёмы выполненных работ	13
	5.1 Сбор и систематизация материалов изысканий прошлых лет	14
	5.2 Инженерно-геологическое (рекогносцировочное) обследование	14
	5.3 Буровые работы	14
	5.4 Опробование грунтов и подземных вод	15
	5.5 Полевые исследования грунтов методом статического зондирования.....	16
	5.6 Сейсмическое микрорайонирование	16
	5.7 Лабораторные работы.....	17
	5.8 Камеральная обработка материалов и составление технического отчета	18
6	Инженерно-геологические условия участка работ	20
	6.1 Основные конструктивные особенности золошлакоотвала участка № 1 ТЭЦ-9	20
	6.2 Результаты инженерно-геологического обследования дамб ЗШО.....	21
	6.3 Геологическое строение и гидрогеологические условия участка ЗШО.....	28
	6.3.1 Геологическое строение	28
	6.3.2 Гидрогеологические условия.....	30
	6.4 Геологические процессы и явления	32
7	Физико-механические свойства грунтов.....	34
	7.1 Физико-механические свойства грунтов, слагающих ограждающие дамбы.....	34
	7.2 Физико-механические свойства золошлаковых отложений	38

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

972-ИГИ1

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Драчева			0921
Проверил		Поваренкин			0921
ГИП		Лебедеко			0921

Текстовая часть

Стадия	Лист	Листов
И	4	67



ООО "Институт
Красноярскгидропроект"

7.3	Физико-механические свойства грунтов основания	42
7.4	Специфические грунты	46
7.5	Результаты статического зондирования	47
8	Сейсмическое микрорайонирование	51
8.1	Нормативная сейсмичность района площадки и ее исходная (фоновая) сейсмичность	51
8.1.1	Нормативная сейсмичность района площадки.....	51
8.1.2	Сопоставление сведений о ближайших известных землетрясениях с сейсмичностью района площадки	51
8.1.3	Исходная сейсмичность площадки	52
8.2	Определение расчетной сейсмичности площадки	53
8.2.1	Методика определения приращений сейсмичности	53
8.2.2	Результаты определения приращений сейсмической интенсивности на площадке и ее расчетная сейсмичность	54
8.3	Количественные характеристики прогнозируемых сейсмических воздействий на площадке	55
8.3.1	Параметры зон возникновения очагов землетрясений, расположенных вблизи площадки	56
8.3.2	Параметры землетрясений, представляющих максимальную опасность для площадки	58
8.3.3	Определение параметров, задающих вид исходной акселерограммы на площадке	59
8.3.4	Получение исходной акселерограммы для расчета характеристик сейсмических воздействий	60
8.3.5	Методика расчета характеристик прогнозируемых сейсмических воздействий	63
8.4	Прогноз изменений сейсмичности площадки с учетом изменений инженерно-геологических условий в период строительства и эксплуатации объекта	63
8.5	Выводы	63
9	Заключение	65
10	Перечень нормативных документов	68
11	Список использованных материалов (источников)	69

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					972-ИГИ1	Лист
								5
Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата			

1 ВВЕДЕНИЕ

Инженерно-геологические изыскания выполнены на основании договора № Т9-13-04/2021 от 24.05.2021г. в соответствии с техническим заданием на выполнение проектно-изыскательских работ по объекту: «Отвал сухого складирования золошлаков» (Приложение А и приложение Б) и в соответствии с программой производства работ (972-ИГИ.пр.).

Объект расположен в РФ, Иркутской области, г. Ангарске, пятый промышленный массив, участок №1, ТЭЦ-9 ООО «Байкальская энергетическая компания».

Идентификационные сведения об объекте, границы участка, функциональное назначение, данные о Заказчике и Исполнителе и пр. приведены в техническом задании.

Целью инженерно-геологических изысканий для является получение актуальной информации о природных, техногенных, инженерно-геологических и гидрогеологических условиях участка работ, необходимых и достаточных для разработки обоснованных конструктивных и объемно-планировочных решений для проекта строительства отвала сухого складирования золошлаков.

Выполнение инженерных изысканий для строительства разрешается Свидетельством о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства (СРО-И-037-18122012 от 02.06.2017 г.). Выписка из реестра членов саморегулируемой организации (приложение В).

Инженерно-геологические изыскания выполнялись с мая по август 2021 г, в том числе:

Рекогносцировочное обследование участка золоотвала ТЭЦ-9 выполнено в мае 2021 г группой специалистов ООО «Институт Красноярскгидропроект» в составе: А.Е.Лебедеко – главного инженера проекта и Н.Р.Драчевой – главного геолога.

Полевые работы (проходка скважин и статическое зондирование) выполнены в июне 2021 г полевым отрядом в составе: машиниста буровой установки М. А. Харченко; помощника машиниста буровой установки Д. А. Меншикова.

Документация геологических выработок выполнена инженером-геологом Н.С.Харченко.

В составе инженерно-геологических изысканий выполнено сейсмическое микрорайонирование участка золоотвала с целью количественной оценки влияния местных условий (состав, физико-механические свойства грунтов, положение уровня подземных вод, особенности рельефа и др.) на сейсмичность площадки. Работы выполнены под руководством инженера-геофизика Стольниковой В.Ф.

Топографическая съёмка участка работ и вынос устьев скважин и точек статического зондирования в натуру выполнены специалистами-топографами группы инженерно-геодезических изысканий ООО «Институт Гидропроект» г. Красноярск.

Лабораторные испытания грунтов и подземных вод выполнены в июне-июле 2021 г в грунтовой лаборатории ООО «Сибстройизыскания +» в г. Красноярске под руководством начальника лаборатории С.В. Рец. Заключение о состоянии измерений в лаборатории приведены в приложении Г.

Камеральная обработка материалов буровых и геофизических работ, полевых и лабораторных исследований грунтов и подземных вод, составление технического отчета выполнено в августе 2021 г.

Обработка результатов геофизических работ выполнена Стольниковой В.Ф., инженерно-геологических работ – Драчевой Н.Р и Поливцевой Н.С.

Общее руководство осуществлялось главным инженером проекта – Лебедеко А.Е.

Инженерно-геологические изыскания выполнены в соответствии с требованиями действующих в РФ нормативно-технических документов.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

							972-ИГИ1	Лист
								6
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

2 ИЗУЧЕННОСТЬ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

В геологическом, инженерно-геологическом, гидрогеологическом и экологическом отношении территория района является хорошо изученной.

Территория района покрыта геологической съемкой масштаба 1:200000 в 1958-1959 гг, по результатам которой в 1961 г издана Государственная Геологическая карта М 1:200 000 (В.И.Роковский, В.С.Исакова), которая переиздана в 2013 г по результатам геологического доизучения площади листа N-48-XXXII [1].

В 1988-1990 гг. в бассейнах рек Иркутта и Китоя проведена геологическая съёмка масштаба 1:50000 (В.М. Садриев), по результатам которой детализировано распространение осадочных и интрузивных образований от архея до кайнозоя.

В 1964-1966 гг в районе работ выполнена гидрогеологическая съёмка масштаба 1:200000 (Ю.Г.Перепелица, Г.П.Рябцева, В.П.Качура и др.). Установлено, что из четвертичных отложений обводнён, главным образом, аллювий крупных рек. В породах юры, нижнего кембрия и верхнего протерозоя выделены водоносные горизонты и комплексы.

Кроме того, гидрогеологические исследования сопровождали строительство разнообразных объектов промышленных центров Иркутска, Ангарска и Шелехова.

В 1964-1967 гг проведена геологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологическая съёмка масштаба 1:50000 в северо-восточной части площади (Б.Л.Шурыгин, В.В.Гинин, М.И.Серебрянников и др.), по результатам которой в четвертичных отложениях установлены обводненные торфяники, водоносные горизонты поймы и надпойменных террас. В юрских породах выделены водоносные комплексы в отложениях кудинской, присаянской и черемховской свит.

Инженерно-геологические работы осуществлялись, начиная с 30-х годов в двух направлениях: общие инженерно-геологические работы, определяющие выбор объектов массового строительства, и работы на локальных участках строительства тех или иных сооружений.

В результате инженерно-геологической съёмки масштаба 1:50000 (1964-1967 гг.) дана инженерно-геологическая характеристика различных литологических разновидностей пород. Рассчитаны обобщённые показатели физико-механических свойств грунтов. Проведено инженерно-геологическое районирование территории для целей массового промышленного и гражданского строительства. Работы на локальных участках строительства отдельных сооружений проводились многочисленными проектными и изыскательскими организациями.

В пределах рассматриваемой территории, за время эксплуатации золоотвала участка № 1 ТЭЦ-9 были выполнены инженерно-геологические изыскания в 1961, 1979, 1982, 1983, 1986, 1994 и 2003 годах для проекта первичной дамбы и для проектов наращивания и расширения ЗШО с определением физико-механических характеристик грунтов дамбы и основания, из которых

Заказчиком для выполнения инженерных изысканий были предоставлены следующие материалы:

- Заключение по результатам лабораторных определений физико-механических свойств грунта. Золоотвал ТЭЦ-9. Карьер пылевато-глинистых грунтов для отсыпки ограждающей дамбы золоотвала. НП ОО «Центр геолого-экологических исследований, 2002 г.
- Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на площади секции № 2. Изыскания для рабочего проекта. Расширение существующего золоотвала Иркутской ТЭЦ-1 в городе Ангарске Иркутской области. Секции № 2 и № 3. Часть I. Том I. НП ОО «Центр геолого-экологических исследований, 2003 г.
- Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на площади секции № 2. Изыскания для рабочего проекта. Расширение существующего золоотвала Иркутской

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.							972-ИГИ1	Лист
			Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата		7

ТЭЦ-1 в городе Ангарске Иркутской области. Секции № 2 и № 3. Часть II. Том II. НП
ОО «Центр геолого-экологических исследований, 2003 г.

Более ранние материалы инженерно-геологических изысканий в архиве ТЭЦ-9 не обнаружены.

Учитывая срок давности выше перечисленных отчетных материалов в соответствии с п.п.6.1.7 СП 47.13330.2016 данные материалы можно использовать как справочный материал, а также для анализа динамики изменения геологической среды, в том числе под влиянием техногенных воздействий.

В выше перечисленных работах в той или иной мере освещаются общие и частные инженерно-геологические и гидрогеологические условия в районе расположения золоотвала ТЭЦ-9, которые послужили для составления инженерно-геологической модели участка с целью оптимального планирования основных видов работ, позволяющих решить поставленные задачи.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					972-ИГИ1	Лист
								8
Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата			

Подробная климатическая характеристика и водный режим района приведен в техническом отчете по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий, шифр 972-ИГМИ.

3.3 Техногенные условия

В пределах участка работ источником техногенеза являются ограждающие золоотвал дамбы, чаша золошлакоотвала и линейно-транспортные коммуникации. Изменение геологической среды, произошедшее под их воздействием связаны, прежде всего, с трансформацией рельефа, отсыпкой насыпей, влиянием на подземные и поверхностные воды.

Создание золошлакоотвала полностью изменило природный рельеф на рассматриваемом участке и привело к формированию аккумулятивного техногенного рельефа, представленного платообразным пространством, ограниченным дамбами.

Инженерно-геологические условия на территории площадки изысканий осложнены распространение насыпных грунтов, слагающих тела ограждающих дамб, намывных грунтов, залегающих в чаше золошлакоотвала.

Грунты, оказавшиеся в зоне влияния техногенных воздействий в той или иной мере изменили свое состояние и свойства.

15.01.1980 г. в подошве дамбы секции № 2 после появления грифона произошел суффозионный вынос грунта по необнаруженному руслу ручья, после образования подземного «канала» произошел прорыв дамбы и вынос воднозолового потока в р. Ангару. Дамба восстановлена с диафрагмой из полиэтиленовой пленки [6].

За последующий период отказов, повреждений, аварийных ситуаций не зафиксировано.

3.4 Сейсмичность района

Согласно общему сейсмическому районированию территории Российской Федерации (карты ОСР-2016), СП 14.13330.2018 (приложение А) район г.Ангарска находится в зоне сотрясений – 8 баллов (по шкале MSK-64), карта А; для объектов повышенной ответственности – 8 баллов, карта В; для особо ответственных объектов – 9 баллов, карта С.

Для района работ принята сейсмичность 8 баллов (карта В, ОСР-2016).

Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	972-ИГИ1	Лист
							10
Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					

Питание водоносного комплекса происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод, а также подтока подземных вод из нижележащих комплексов.

Химический состав подземных вод довольно однообразный-гидрокарбонатный магниево-кальциевый с минерализацией до 0,5 г/л. Подземные воды подвержены загрязнению особенно в селитебных зонах и там, где сосредоточены мощные техногенные объекты.

Водоносный голоцен-плейстоценовый аллювиальный комплекс (aQII-IV) распространён в долинах крупных водотоков и приурочен к отложениям надпойменных террас, сложенных русловыми (до 10 м) и пойменными (до 14,3 м) осадками.

Отложения комплекса практически повсеместно покрыты суглинками, что влияет на глубину залегания подземных вод, которая изменяется от 0,5 до 40 м. Значения коэффициентов фильтрации отложений варьируют от 3-5 до 130 м/сут., иногда достигают 200-330 м/сут. Водопроницаемость колеблется от 60 до более 2000 м²/сут.

Подземные воды, как правило, безнапорные, при наличии в верхней части суглинков они приобретают местный напор до 30 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные магниево-кальциевые с минерализацией до 0,5 г/л.

Зафиксировано загрязнение подземных вод промышленными стоками, на сельскохозяйственных площадях часто отмечаются загрязнения нитратами и нитритами.

Питание вод комплекса осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод.

Подземные воды мезозойских отложений представлены водоносным присаянско-черемховским ниже-среднеюрским терригенным комплексом, распространённым повсеместно в поле развития юрских отложений.

Наличие в комплексе пластов и линз относительно водоупорных пород, обусловило формирование в нём от одного до нескольких невыдержанных по простиранию водоносных горизонтов мощностью от 4-5 до 40-70 м. Мощность комплекса достигает 150 м.

Обводнены, главным образом, трещиноватые песчаники, алевролиты и каменные угли. Водоносность и фильтрационные свойства водовмещающих пород весьма неоднородны и неравномерны по площади и глубине разреза. Это связано с фациальной изменчивостью осадочной толщи как по вертикали, так и по латерали. Установлено, что на общем фоне слаботрещиноватых пород выделяются участки с повышенной водоносностью пород, тяготеющие к долинам рек.

Подземные воды в области питания безнапорные, иногда наблюдаются небольшие напоры (до 30 м). С глубиной напорность возрастает до 400 м. В долинах крупных рек скважины часто фонтанируют, уровни устанавливаются выше поверхности земли на +0,3 до +10 м.

Питание подземных вод происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков и перетекания вод из выше и ниже расположенных гидрогеологических подразделений.

Химический состав вод в верхней части комплекса довольно однороден - гидрокарбонатный магниево-кальциевый с минерализацией до 0,6 г/л. Для подземных вод комплекса характерен факт загрязнения коммунальными и промышленными стоками, особенно на территориях городских агломераций.

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

						972-ИГИ1	Лист
Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата		12

- 11 скважин глубиной до 20 м, всего 120 п.м.;
- 12 скважин глубиной до 15 м, всего 266 п.м.

Программой в пределах секций №2 и №4 золошлакоотвала были намечены к проходке 9 скважин, в том числе, две скважины (№№ 2109 и 21010) в чаше секции №4 и 6 скважин (№№ 21016-21019, 21021-21023) в чаше секции №2. При оценке возможности подъезда буровой техники к этим точкам выяснилось, что подъезд к точкам бурения этих скважин затруднен или невозможен.

Скважины в секции №4 были заменены 2-мя шурфами из которых были отобраны пробы ЗШМ для лабораторных исследований водонасыщенных золошлаковых отложений. Скважины №№ 21016, 21021 и 21023 из-за невозможности подъезда буровой техники к ним, пройдены не были. Точка статического зондирования т.с.з.21016 перенесена на ~150 м севернее скважины и точки зондирования № 21017.

Местоположение выработок приведено на карте фактического материала (граф.прил. 972-ИГИ1-Г, листы 1, 2), каталог координат скважин – в приложении Д, колонки скважин – в приложении Е.

При проходке рыхлых, обломочных и обводненных пород бурение выполнялось с одновременной обсадкой трубами пройденного интервала.

Все горные выработки после окончания работ ликвидированы обратной засыпкой грунтов с трамбованием.

При бурении весь поднятый керн тщательно документировался.

По каждой скважине велся журнал полевой документации.

Особое внимание уделялось появившемуся и установившемуся уровням подземных вод, напорным водам, провалам снаряда при бурении.

Все замеры записывались в буровой журнал. Также в журнале фиксировались все прямые и косвенные показатели, способствующие характеристике состояния разбуриваемых пород.

5.4 Опробование грунтов и подземных вод

Инженерно-геологическое опробование выполнено для целей изучения состава, состояния, физико-механических свойств грунтов, закономерностей изменения показателей этих свойств в плане и в разрезе.

Все намеченные к проходке выработки подлежали опробованию. В процессе проходки отобраны пробы ненарушенной структуры (монолиты) из связных грунтов, и пробы нарушенной структуры из песчаных и гравийно-галечниковых отложений.

Пробы отбирались из каждой разновидности грунтов, но не реже, чем через 1,5-2,0 м.

Из грунтов тела дамб и оснований отобраны монолиты глинистых грунтов, а также по возможности из песчаных грунтов, и пробы нарушенной структуры на полный комплекс исследований физико-механических свойств грунтов.

Из песчано-гравийно-галечниковых грунтов отобраны пробы нарушенной структуры. Из заполнителя отбиралась проба в бюкс на влажность.

Пробы ненарушенной структуры отбирались из скважин с помощью грунтоносов.

Всего отобрано 180 проба, в том числе 107 проб ненарушенной структуры (монолитов) и 73 пробы нарушенной структуры.

Золошлаковый материал опробован аналогично как грунт основания. Для определения характеристик золошлаков при сухом складировании отобрано 7 валовых проб для исследования при оптимальной влажности и плотности. Масса пробы не менее 3-5 кг.

Отбор, упаковка и транспортировка проб грунта, монолитов велась согласно ГОСТ 12071-2014.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

							972-ИГИ1	Лист
Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата			15

кг по деревянному брусу. На одно физическое наблюдение выполнялось от 10 до 20 синфазных накоплений – в зависимости от соотношения сигнал/помеха.

Первичная обработка полевых материалов исходных сейсмограмм проводилась с помощью программы «Лакколит», входящей в комплект поставки сейсмостанции. Дальнейшая обработка проводится с помощью специализированной лицензионной программы для обработки данных КМПВ «RadExPro» (ООО «СК Деко-Геофизика»).

Выноска и привязка точек геофизических наблюдений выполнена инструментально. Координаты геофизических точек приведены в каталоге (приложение Е).

Расположение геофизических точек приведено на карте фактического материала (граф. прил. 972-ИГИ1-01), а также на карте сейсмического микрорайонирования (граф. прил. 972-ИГИ1-03).

5.7 Лабораторные работы

Лабораторные исследования грунтов выполнялись с целью определения их классификационных и физико-механических свойств.

Для глинистых грунтов тела дамб и основания определялся: полный комплекс физико-механических свойств: полный гранулометрический состав, влажность, плотность, плотность частиц грунта, пределы пластичности, прочностные (угол внутреннего трения, сцепление) и деформационные (модуль деформации) свойства и фильтрационные параметры.

Для несвязных грунтов (песчаных и гравийно-галечниковых) выполнен полный комплекс определения физических свойств, включающий определение гранулометрического состава, влажности, пределов пластичности для заполнителя, плотности сложения.

Результаты определения прямых показателей свойств грунтов лабораторными методами использовались для расчетов следующих характеристик грунтов: числа пластичности, показателя текучести, плотности грунта в сухом состоянии, плотности грунта при полном водонасыщении, пористости, коэффициента пористости и степени влажности, которые являются классификационными при выделении видов и разновидностей грунта согласно ГОСТ 25100-2011.

Объемы выполненных лабораторных исследований приведены в таблице 4.2.

Таблица 5.2 – Виды и объемы выполненных лабораторных исследований

№ п/п	Виды работ	Ед.изм.	Объем работ	Примечание
1	2	3	4	5
1	Гранулометрический состав	образец	168	
2	Влажность грунта	образец	162	
	Консистенция грунта нарушенной структуры	образец	56	
	Плотность грунта	образец	107	
	Плотность частиц грунта	образец	128	
	Сопротивление срезу грунтов	образец	29	
	Компрессионные испытания грунтов	образец	26	
	Коэффициент фильтрации грунта в том числе с заданной влажностью и плотностью для золошлаковых отложений	образец	17	
	Содержание органических примесей	образец	36	
	Засоленность грунта	образец	21	

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям составлен в соответствии требованиями СП 47.13330.2016.

Оформление материалов инженерно-геологических изысканий выполнено с помощью компьютерных программ «CREDO», «AutoCAD», «Excel» и «Microsoft Word».

Перечень нормативных документов и справочных материалов, использованных при выполнении инженерно-геологических изысканий, приведен в списке использованных материалов (разделы 10 и 11).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					972-ИГИ1	Лист
			Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.		Подп.

6 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА РАБОТ

6.1 Основные конструктивные особенности золошлакоотвала участка № 1 ТЭЦ-9

Золошлакоотвал участка № 1 ТЭЦ-9 трехсекционный равнинного типа в расположен на берегу протоки Голуторовская.

Секции № 2 и № 3 в плане имеют трапециевидальную форму, Короткая и боковые стороны которой повторяют очертания берега протоки Голуторовская. Основание трапеции является общей стороной с секцией № 4 (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 – Золошлакоотвал участка №1 Иркутской ТЭЦ-9

По периметру золошлакоотвал окружен грунтовой дамбой. Общая протяженность напорного фронта 6725 м. Внутренняя чаша золошлакоотвала разделительной дамбой поделена на две секции № 2 и № 3.

Секции № 2 и № 3 фильтрующие, секция № 4 – с противofильтрационным экраном.

Гидротехнические сооружения вводились в эксплуатацию очередями: первая очередь – в 1963 г, вторая – 1973 г, третья – 1981 г, секция № 4 – в 1999 г.

Изм. № подл.	Изм. № подл.	Изм. № подл.	Изм. № подл.	Изм. № подл.	Изм. № подл.
Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

972-ИГИ1

Лист

20

В 2004-2005 гг выполнена реконструкция секций № 2 и № 3 с целью расширения золоотвала. При реконструкции золоотвала выполнено увеличение высоты дамб с отметок гребня 416,0-417,5м до отметок 419,0-420,0 м, при этом отсыпка дамб выполнялась в сторону секций № 2 и № на золошлаковые отложения.

Класс гидротехнических сооружений III.

В настоящее время секции № 2 и № 3 не эксплуатируются с 2012 г, а секция № 4 – с 2019 г.

Проектом предусматривается использовать золоотвал для сухого складирования золошлакового материала.

6.2 Результаты инженерно-геологического обследования дамб ЗШО

В процессе проведения инженерно-геологического обследования детальному осмотру подвергались ограждающие и разделительная дамбы секций ЗШО (рисунки 6.2-6.12).



Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



Рисунок 6.2 – Секция № 4. Общий вид: а – на чашу секции, б – на разделительную дамбу между секциями № 4 и № 2, в – на гребень и низовой откос западной ограждающей дамбы.



Рисунок 6.3 – Секция № 2. Общий вид – на верховой откос разделительной дамбы

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



Рисунок 6.4 – Секция № 2. Общий вид на чашу секции № 2 с разделительной дамбы между секциями № 4 и № 2.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

972-ИГИ1

Лист

23



Рисунок 6.5 – Секция № 2. Общий вид на центральную часть чаши секции № 2.



Рисунок 6.6 – Секция № 2. Общий вид на чашу секции № 2 со стороны северной ограждающей дамбы (съезд на точку скв. 21022).

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

972-ИГИ1

Лист

24



Рисунок 6.7 – Секция № 2. Общий вид на чашу секции № 2 со стороны восточной ограждающей дамбы (район скв. 21028).



Рисунок 6.8 – Общий вид на северную часть ограждающей дамбы (район пьезометрического створа № 7).

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

972-ИГИ1

Лист

25

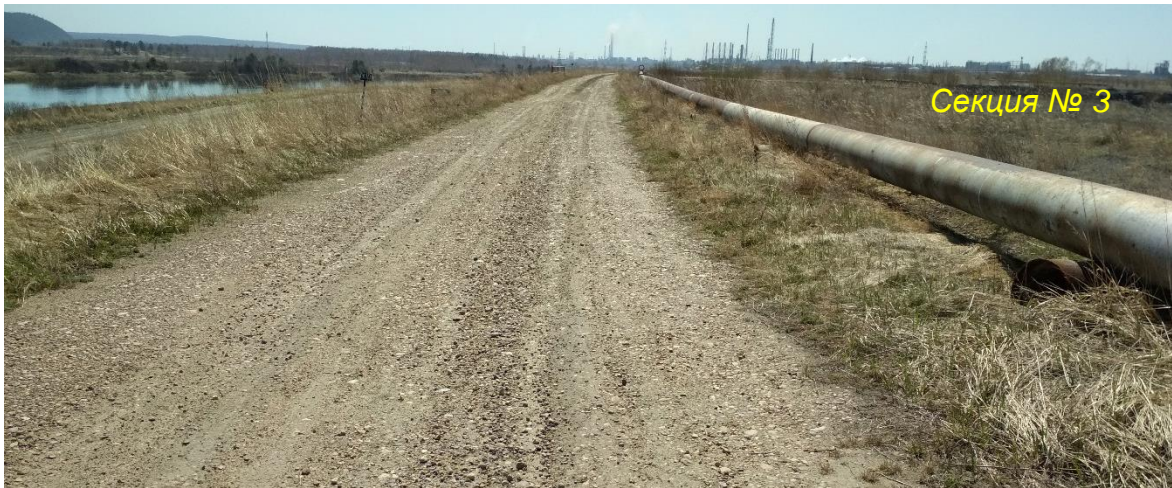


Рисунок 6.9 – Общий вид на восточную (нижний снимок) и южную (верхний снимок) части ограждающей дамбы.



Рисунок 6.10 – Общий вид на низовой откос восточной части ограждающей дамбы.

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



Рисунок 6.11 –Секция № 3. Общий вид на чашу секции с разделительной дамбы между секциями № 2 и № 3.



Рисунок 6.12 –Секция № 3. Общий вид на чашу секции с южной дамбы.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

972-ИГИ1

На откосах ограждающих дамб вертикальные трещины и промоины отсутствуют. Также отсутствуют продольные трещины вдоль гребня дамб.

Признаков оползневых явлений на откосах, а также осыпаний откосов не наблюдается. На гребнях дамб имеются отдельные локальные понижения, не превышающие 10-15 см. Механических повреждений откосов и гребней дамб не зафиксировано.

Низовые откосы дамб, а также пригребневые участки верховых откосов задернованы и покрыты травянистой растительностью, местами на которой обосновалась древесная и кустарниковая растительность.

Результаты деятельности землеройных животных не наблюдались.

На период обследования, секция № 4 заполнена до отметки 416,7 м, сброс золошлаковой пульпы остановлен в 2019 г.

Из секции № 3 выполняется выборка золошлакового материала (рисунок 6.12).

Секция № 2 находится в стадии рекультивации, по периметру густо заросла кустарниковой и древесной растительностью (рисунок 6.4, 6.6, 6.7). В центральной части секции рельеф поверхности сильно расчленен в результате выборки золошлакового материала (рисунок 6.5).

В сухие периоды при сильных ветрах в секциях наблюдается пыление.

6.3 Геологическое строение и гидрогеологические условия участка ЗШО

В геоморфологическом отношении золошлакоотвал размещается в пределах первой надпойменной террасы р.Ангара.

Средние абсолютные отметки поверхности террасы вблизи протоки Голуторовской составляют 408,0-409,0 м, повышаясь до 411,0-412,0 м в районе секции № 4.

6.3.1 Геологическое строение

Геологическое строение участка изучено на глубину до 20,0 м и представлено сверху вниз техногенными, аллювиальными и элювиальными образованиями.

Техногенные отложения ($t_{Q_{IV}}$) развиты повсеместно. В зависимости от способа образования выделены техногенно-перемещенные (t_1Q_{IV}) и техногенно-образованные (антропогенные) - t_2Q_{IV} грунты.

Техногенно-перемещенными грунтами сложены все ограждающие и разделительные дамбы. В литологическом отношении они представлены

- суглинками (ИГЭ 2 и ИГЭ 3);
- супесями (ИГЭ 4);
- песками пылеватыми, мелкими и гравелистыми (ИГЭ 5, ИГЭ 6 и ИГЭ 7);
- галечниковым грунтом (ИГЭ 8).

В разрезе ограждающих дамб выше перечисленные грунты распределены не равномерно.

Суглинками ИГЭ 2 и супесями ИГЭ 4 в основном сложены дамбы наращивания секций № 2 и № 3. Вскрыты они практически всеми скважинами, пройденными с гребня дамб, при этом наибольшим распространением пользуются суглинки ИГЭ 2. Отдельными участками суглинки и супеси вскрываются (Скв. 2102 и 2108) в верхней части ограждающей дамбы секции № 4.

По материалам изысканий 2002-2003 г [2, 3] суглинками и супесями, разработанными в ложе золоотвала, сложена цокольная часть ограждающей дамбы.

Суглинки гравелистые (ИГЭ 3) отмечаются в виде маломощных прослоев, как в теле дамб наращивания, так и в первичных ограждающих дамбах.

Песками пылеватыми (ИГЭ 5) и мелкими (ИГЭ 6), реже гравелистыми (ИГЭ 7) сложено тело ограждающей дамбы секции № 4.

Инва. № подл.	Взам. инв. №
	Подп. и дата

							972-ИГИ1	Лист
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			28

Песками гравелистыми (ИГЭ 7) и мелкими (ИГЭ 5) сложена средняя часть первичных ограждающих дамб [2, 3].

Галечниковый грунт с песчаным заполнителем (ИГЭ 8) вскрывается скважинами как в гребне ограждающих дамб, так и в основании первичных дамб, когда скважинами под слоем золы подсекается нижняя часть их верховых откосов.

При этом отмечается, что в продольном профиле первичная ограждающая дамба секций № 2 и № 3 имеет блоковое строение, т.е. грунты не имеют плавных фациальных переходов. Мощность (высота) отдельных блоков отсыпки составляла от 2 до 3-4 м.

Техногенно-образованные (антропогенные) грунты представлены золошлаками намывными (ИГЭ 9 и ИГЭ 9а), залегающими в секциях золоотвала, и насыпными (перемещенными) (ИГЭ 10).

По гранулометрическому составу золошлаки относятся к пескам пылеватым, по плотности сложения к рыхлым, по степени водонасыщения подразделяются на маловлажные (ИГЭ 9) влажные (ИГЭ 10) и насыщенные водой (ИГЭ 9а).

Золошлаки ИГЭ 9 распространены в секциях № 2 и № 3. В виду того, что складирование золошлаков в эти секции прекращено с 2012 г, произошло их обезвоживание.

Золошлаки ИГЭ 9а вскрыты шурфами в секции № 4.

Золошлаки ИГЭ 10 распространены на участке опытной отсыпки в секции № 2, вскрыты скважиной № 21019.

В основании техногенных (насыпных и намывных) грунтов залегают аллювиальные отложения, представленные пестрым чередованием суглинков, супесей и песков различной крупности, в основании которых залегают гравийно-галечниковые грунты. Аллювиальные отложения вскрываются на участке секции № 4 на абсолютных отметках в пределах 410,4-412,2 м, на участке секций № 2 и № 3 – от 406,3-407,13 до 409,0-411,9 м.

Кровля аллювиальных отложений размыта в результате проведения выемки грунта под секции № 2 и № 3в и планировки оснований ограждающих дамб. В результате чего отложения пойменной фации суглинки ИГЭ 11 и ИГЭ 11а, и супеси ИГЭ 12 и ИГЭ 12а вскрыты единичными скважинами в виде маломощных прослоев и линз под техногенными насыпными и намывными грунтами.

Пески пылеватые (ИГЭ 14) и мелкие (ИГЭ 15) распространены преимущественно в основании секции № 4, в основании секций № 2 и № 3 отмечаются в виде маломощных прослоев и линз.

Гравийный (ИГЭ 17) и галечниковый (ИГЭ 18) грунты вскрываются всеми скважинами в основании аллювиальных отложений. Галька и гравий представлены изверженными, метаморфическими и осадочными породами, хорошо окатаны, заполнитель песок пылеватый.

Минимальная вскрытая мощность аллювиальных отложений составила 1,0-2,3 м, максимальная – 8,0-8,8 м.

Грунты аллювиального генезиса подстилаются терригенно-осадочными породами юрского возраста представленными алевролитами и песчаниками, выветрелыми в кровле до дисперсной коры выветривания, которая представлена суглинками (ИГЭ 19) и супесями (ИГЭ 20).

Наибольшим распространением пользуются суглинки ИГЭ 19. Грунты вскрываются на абсолютных отметках в пределах 400,8-403,74 м, вскрытой мощностью 0,4-4,0 м.

Условия залегания и распространения отложений приведены на инженерно-геологических разрезах (граф. прил. 972-ИГИ1-02, листы 1-11).

Описание геолого-литологических типов грунтов приводится в колонках скважин в приложении Е.

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №						

							972-ИГИ1	Лист
								29
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

6.4 Геологические процессы и явления

По характеристике рельефа, геоморфологическим и геологическим условиям, а также сейсмической интенсивности площадка золошлакоотвала участка № 1 ТЭЦ-9 относится к территориям со средней сложностью природных условий (таблица Г.1, приложение Г СП 47.13330-2016).

К основным экзогенным неблагоприятным процессам на участке, оказывающим влияние на выбор проектных решений строительства и эксплуатацию, относится пучение грунтов в слое сезонного промерзания. К эндогенным процессам относится сейсмическая активность района.

Глубокое сезонное промерзание отмечается повсеместно. Промерзание почвы начинается в конце октября – начале ноября и продолжается до конца марта – начала апреля, когда оно достигает максимальной величины.

Глубина промерзания грунта в среднем составляет 169 см, максимальная – 268 см, минимальная – 95 см (972-ИГМИ).

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов для участка золошлакоотвала рассчитанная по СП 22.13330.2016 п.5.5.3 составила для суглинков – 1,84 м, для супесей, песков мелких и пылеватых – 2,25 м, для песков гравелистых – 2,41 м, для галечниковых грунтов – 2,73 м.

В зоне сезонного промерзания по степени пучинистости распространены грунты от непучинистых до среднепучинистых.

В таблице 6.3 приведены параметры пучинистых грунтов, рассчитанные по СП 22.13330-2016, п. 6.8.3.

Таблица 6.3 – Результаты определения степени пучинистости грунтов

№ п/п	Номер ИГЭ	Наименование грунта	Пок-ль дисп-ти (D)	Параметр (R _t)	Величина относит деф-ции пучения (ε _{fn})	Степень пучинистости
1	2	3	4	5	6	7
1	ИГЭ 2	Суглинок твердый		0,0047	0,048	Среднепучинистый
2	ИГЭ 4	Супесь твердая		0,0030	0,021	Слабопучинистый
3	ИГЭ 5	Песок пылеватый	7,97			Пучинистый
	ИГЭ 6	Песок мелкий	2,13			Слабопучинистый
	ИГЭ 7	Песок гравелистый	3,94			Слабопучинистый
4	ИГЭ 8	Галечниковый грунт	1,0			Непучинистый
	ИГЭ 9, 9а, 10	ЗШМ	39,90			Пучинистый

В соответствии с таблицей 5.1 СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий», категория опасности природные процесса пучения относится к весьма опасной.

Сейсмичность района по картам общего сейсмического районирования РФ ОСР-2016 (приложение А СП 14.13330.2018) составляет:

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Карта	Ответственность сооружений	Период повторяемости сотрясений	Интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64 для грунтов II категории по сейсмическим свойствам
1	2	3	4
ОСР-2016 А	Массовое строительство	500	8
ОСР-2016 В	Объекты повышенной ответственности	1000	8
ОСР-2016-С	Особо ответственные объекты	5000	9

Согласно п.п.8.2.4 СП 14.13330.2014 при расчетах на МРЗ для ГТС III класса используется карта ОСР С, при расчетах ПЗ для ГТС всех классов и видов – карта ОСР-А.

По результатам сейсмического микрорайонирования (метод сейсмических жесткостей) участок золошлакоотвала характеризуется прогнозной сейсмической интенсивностью 8 и 9 баллов для карты ОСР-2016 А и, 9 и 10 балла для карты ОСР-2016 С. Подробно результаты сейсмического районирования изложены в разделе 8.

Согласно СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий», таблица 5.1 категория опасности по землетрясениям – опасная и весьма опасная.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							972-ИГИ1	Лист
			Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		33

ИГЭ 4 – супесь твердая песчанистая. Имеет ограниченное распространение, как ИГЭ 2 вскрывается скважинами в основном в дамбах наращивания, ограждающих секции № 2 и № 3, в интервале глубин от 0,0-0,5 до 2,5-3,5 м.

При полном водонасыщении переходит в пластичное состояние со средним показателем текучести 0,80.

ИГЭ 5 – песок пылеватый средней плотности маловлажный. Представлен главным образом в теле ограждающей дамбы секции № 4, в виде маломощных прослоев и линз отмечается в ограждающих дамбах секций № 2 и № 3.

При полном водонасыщении становится водонасыщенным с предельным коэффициентом водонасыщения $S_r=1$.

ИГЭ 6 – песок мелкий средней плотности маловлажный, как и ИГЭ 5 представлен главным образом в теле ограждающей дамбы секции № 4, присутствует в виде маломощных прослоев и линз в ограждающих дамбах секций № 2 и № 3.

При полном водонасыщении становится водонасыщенным с предельным коэффициентом водонасыщения $S_r=1$.

ИГЭ 7 – песок гравелистый средней плотности маловлажный. Имеет ограниченное распространение, в теле дамб вскрывается на разных уровнях от основания до гребня.

При полном водонасыщении становится водонасыщенным с предельным коэффициентом водонасыщения $S_r=1$.

ИГЭ 8 – галечниковый грунт с песчаным заполнителем маловлажный. Заполнитель песок пылеватый, маловлажный, плотный. Имеет широкое распространение: повсеместно залегает на гребне дамб в виде защитного слоя мощностью 0,1-2,0 м, а также отдельными блоками слагают тела ограждающих дамб секций № 2 и № 3.

При полном водонасыщении становится водонасыщенным с предельным коэффициентом водонасыщения $S_r=1$.

Пределы изменения частных значений показателей физико-механических свойств грунтов приведены в таблице 7.1.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			972-ИГИ1						
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				

Таблица 7.1 – Пределы частных значений показателей физико-механических свойств техногенно-перемещенных грунтов

Показатели			ИГЭ 2	ИГЭ 3	ИГЭ 4	ИГЭ 5	ИГЭ 6	ИГЭ 7	ИГЭ 8
			Суглинок твердый, легкий, песчанистый с примесью орг. в-в	Суглинок твердый, гравелистый	Супесь твердая песчанистая	Песок пылеватый средней плотности маловлажный	Песок мелкий средней плотности маловлажный	Песок гравелистый, средней плотности, маловлажный	Галечниковый грунт с песчаным заполн., маловлажный
1			2	3	4	5	6	7	8
Влажность, д.е.	природная	W	$\frac{0,143-0,201}{0,168 (19)}$	$\frac{0,134-0,174}{0,154 (2)}$	$\frac{0,112-0,158}{0,138 (4)}$	$\frac{0,044-0,111}{0,071 (9)}$	$\frac{0,036-0,068}{0,052 (7)}$	$\frac{0,045-0,085}{0,061 (5)}$	$\frac{0,041-0,077}{0,063 (13)}$
	текучести	W _L	$\frac{0,248-0,362}{0,292 (19)}$	$\frac{0,251-0,270}{0,261 (2)}$	$\frac{0,199-0,251}{0,228 (4)}$	-	-	-	-
	раскатывания	W _p	$\frac{0,155-0,247}{0,203 (19)}$	$\frac{0,176-0,175}{0,181 (2)}$	$\frac{0,144-0,199}{0,172 (4)}$	-	-	-	-
Число пластичности		J	$\frac{0,071-0,115}{0,089 (19)}$	$\frac{0,075-0,085}{0,080 (2)}$	$\frac{0,048-0,065}{0,055 (4)}$	-	-	-	-
Показатель текучести		J _L	<0	<0	<0	-	-	-	-
Плотность, г/см ³	грунта	ρ	$\frac{1,75-2,09}{1,98 (17)}$	2,06 (1)	$\frac{1,80-2,17}{1,95 (4)}$	$\frac{1,71-1,92}{1,80 (8)}$	$\frac{1,66-1,83}{1,74 (6)}$	$\frac{2,65-2,67}{2,66 (2)}$	$\frac{2,67-2,70}{2,68 (2)}$
	сухого грунта	ρ _d	$\frac{1,49-1,82}{1,69 (17)}$	1,75 (1)	$\frac{1,59-1,92}{1,71(4)}$	$\frac{1,59-1,83}{1,68 (8)}$	$\frac{1,58-1,72}{1,66 (6)}$		
	частиц грунта	ρ _s	$\frac{2,69-2,73}{2,70 (17)}$	2,70 (1)	$\frac{2,67-2,69}{2,68(4)}$	$\frac{2,64-2,70}{2,67 (8)}$	$\frac{2,63-2,69}{2,67 (6)}$		
Коеф. пористости, д.е.		e	$\frac{0,481-0,807}{0,598 (17)}$	0,539(1)	$\frac{0,398-0,680}{0,574 (9)}$	$\frac{0,456-0,664}{0,592 (8)}$	$\frac{0,568-0,662}{0,614 (6)}$		
Коеф. водонасыщения, д.е.		S _r	$\frac{0,572-0,873}{0,766 (17)}$	0,872 (1)	$\frac{0,455-0,864}{0,672 (4)}$	$\frac{0,188-0,489}{0,322 (8)}$	$\frac{0,151-0,317}{0,220 (6)}$		
Мод. общей деформации (компрессионный), МПа		E	$\frac{2,8-5,8}{4,4 (6)}$		$\frac{5,2-11,4}{8,3 (2)}$	$\frac{7,8-13,0}{10,7 (3)}$	$\frac{11,2-15,7}{13,5 (2)}$		
Сдвиг консолид (медленный)	угол внутр трения, град	φ	$\frac{24,2-27,1}{25,6 (7)}$		$\frac{27,3-28,8}{28,0 (2)}$	$\frac{30,4-32,4}{31,4 (2)}$	$\frac{30,4-33,0}{31,7 (2)}$		
	сцепление, МПа	c	$\frac{0,037-0,072}{0,054 (7)}$		$\frac{0,017-0,035}{0,026 (2)}$	$\frac{0,007-0,012}{0,010 (2)}$	$\frac{0,003-0,007}{0,005 (2)}$		
Статическое зондирование*	модуль деформации, МПа	E	$\frac{26,6-35,0}{30,1 (6)}$		$\frac{14,4-33,5}{26,3 (4)}$	$\frac{21,6-41,0}{33,3 (8)}$	$\frac{28,3-41,0}{34,7 (2)}$		
	угол внутр трения, град	φ	$\frac{24,6-26,0}{25,0 (6)}$		$\frac{26,8-30,7}{29,4 (4)}$	$\frac{30,4-38,9}{35,9 (8)}$	$\frac{33,1-36,5}{34,8 (2)}$		
	сцепление, МПа	c	$\frac{0,034-0,041}{0,037 (6)}$		$\frac{0,017-0,023}{0,021 (4)}$				
Содерж. органич. примесей, д.е.		I _r	$\frac{0,062-0,076}{0,069 (2)}$	-	-	0,012 (1)	0,007 (1)	0,038 (1)	

Примечание:

В числ. – пределы изменения показателей, в знам. – средние значения, в скобках – количество определений.

* - Приведены средние значения по точкам статического зондирования.

Рекомендуемые нормативные и расчетные показатели физико-механических свойств по выделенным ИГЭ – в таблице 7.2.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	972-ИГИ1	Лист
							36

Таблица 7.2 – Нормативные и расчетные показатели физико-механических свойств техногенно-перемещенных грунтов

Показатели			ИГЭ 2	ИГЭ 3	ИГЭ 4	ИГЭ 5	ИГЭ 6	ИГЭ 7	ИГЭ 8
			Суглинок твердый, легкий, песчаный с примесью орган. в-тв	Суглинок твердый, гравелистый	Супесь твердая песчаная	Песок пылеватый средней плотности маловлажный	Песок мелкий средней плотности маловлажный	Песок гравелистый, средней плотности, маловлажный	Галечниковый грунт с песчаным заполн., маловлажный
1			2	3	4	5	6	7	8
Влажность, д.е.	природная	W	0,168	0,154	0,138	0,071	0,052	0,061	0,063
	на границе текучести	W_L	0,292	0,261	0,228				
	на границе раскатыв.	W_p	0,203	0,181	0,173				
Число пластичности		J	0,089	0,080	0,055				
Показатель текучести		J_L	<0	<0	<0				
Плотность, г/см ³	частиц грунта	ρ_s	2,70	2,70	2,68	2,67	2,67	2,66	2,68
	грунта	ρ	1,98	2,06	1,95	1,80	1,74	1,85	2,13
	сухого грунта	ρ_d	1,69	1,75	1,71	1,68	1,66	1,74	2,00
Коеф. пористости, д.е.		e	0,598	0,539	0,574	0,592	0,614	0,529	0,339
Пористость, %		n	37,3	35,0	36,1	37,1	38,0	34,6	25,3
Коеф. водонасыщения, д.е.		Sr	0,766	0,872	0,672	0,322	0,220	0,307	0,499
При полном водонасыщ.	влажность, д.е.	W	0,222	0,200	0,214	0,222	0,230	0,199	0,127
	показатель текучести	J_L	0,31	0,17	0,80				
	плотность грунта, г/см ³	ρ	2,07	2,10	2,07	2,05	2,04	2,09	2,25
Угол внутреннего трения		φ	26	31**	28	31	32	41*	36***
Сцепление, МПа		C	0,053	0,037**	0,026	0,010	0,005	0,001*	0,008***
Мод. общей деформации, МПа		E	4,4	30,0**	8,3	10,7	13,5	42,0*	39***
Расчетные показатели ($\alpha=0,85$)	плотность грунта, г/см ³	ρ_{II}	1,96	2,06	1,85	1,76	1,71	1,85	2,13
	угол внутр. трения	φ_{II}	25	31	28	31	32	35	36
	сцепление, МПа	C_{II}	0,048	0,037	0,026	0,010	0,005	0,000	0,008
Расчетные показатели ($\alpha=0,95$)	плотность грунта, г/см ³	ρ_I	1,94	1,96	1,75	1,74	1,69	1,80	2,10
	угол внутр. трения	φ_I	25	27	24	28	29	32	33
	сцепление, МПа	C_I	0,044	0,025	0,017	0,007	0,003	0,000	0,005

Примечание:

* - Показатели приняты по таблице А.1 приложения А СП 22.13330.2016.

** - Показатели приняты по «Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов ...». ДальНИИС Госстроя СССР. Москва, 1989 г.

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	972-ИГИ1	Лист
							37

*** - Показатели приняты по заполнителю при условии «если количество песчаного заполнителя превосходит 25-30%, а глинистого – 35-40%, он полностью определяет прочность крупнообломочного грунта». А.А.Каган «Расчетные характеристики грунтов», стр. 106 [7].

7.2 Физико-механические свойства золошлаковых отложений

Золошлаковые отложения являются продуктами термохимических превращений минеральной части топлива и в своем составе содержат три группы веществ: кристаллические, стекловидные и органические.

ЗШО состоят из мелких пористых частиц различной формы и спекшихся микроагрегатов, практически не обладают пластическими свойствами и по гранулометрическому составу их можно отнести к пескам пылеватым.

В золошлакоотвале ЗШО накапливались путем намыва, в результате чего происходило фракционирование частиц и агрегатов по всей длине откоса намыва. Залегание грунтов почти горизонтальное с наклоном первые градусы от мест выброса пульпы. Учитывая расположение точек сброса пульпы, можно сделать вывод, что наиболее тонкий золовый состав отложений имеется в центральной части секций, по периметру – в основном слоистый золошлаковый, при этом не исключается наличие грубой кривой слоистости.

При сухом складировании ЗШО будут перемещаться из действующего золошлакоотвала ТЭЦ-9 в отвал участка № 1, в котором намывные ЗШО будут служить основанием для насыпных.

По условиям залегания и характера пространственной изменчивости физических свойств золы выделено 3 ИГЭ.

ИГЭ 9 – зола рыхлая, пылеватая маловлажная. Залегает в секциях № 2 и № 2. Мощность изменяется в широких пределах от первых метров на участках выемок до 10-12 м по периметру секций.

При полном водонасыщении становится водонасыщенной с предельным коэффициентом водонасыщения $S_r=1$.

ИГЭ 9a – зола рыхлая, пылеватая, водонасыщенная. Распространена в секции № 4. Мощность слоя золы в среднем составляет 5-6 м.

ИГЭ 10 – зола рыхлая пылеватая, влажная (перемещенная). Вскрыта скважиной 21019 на участке, где выполняется опытная укладка насыпной золы.

Пределы значений частных значений показателей физико-механических ЗШО приведены в таблице 7.3.

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	972-ИГИ1	Лист
										38

Таблица 7.3 – Пределы частных значений показателей физико-механических свойств золошлаковых отложений

Показатели			ИГЭ 9	ИГЭ 9а	ИГЭ 10
			Зола рыхлая пылеватая, маловлажная	Зола рыхлая пылеватая водонасыщенная	Зола рыхлая пылеватая, влажная (перемещенная)
1			2	3	4
Влажность, д.е.	природная	W	$\frac{0,154-574}{0,295}$ (37)	$\frac{0,546-0,890}{0,739}$ (3)	$\frac{0,291-0,573}{0,350}$ (9)
	текучести	W_L	-	-	-
	раскатывания	W_p	-	-	-
Число пластичности		J	-	-	-
Показатель текучести		J_L	-	-	-
Плотность, г/см ³	грунта	ρ	$\frac{0,78-1,46}{1,08}$ (34)	$\frac{1,39-1,44}{1,42}$ (3)	$\frac{1,08-1,52}{1,30}$ (2)
	сухого грунта	ρ_d	$\frac{0,57-1,22}{0,83}$ (34)	$\frac{0,74-0,92}{0,82}$ (3)	$\frac{0,69-0,13}{0,91}$ (2)
	частиц грунта	ρ_s	$\frac{2,06-2,58}{2,22}$ (36)	$\frac{2,27-2,54}{2,37}$ (3)	$\frac{2,19-2,42}{2,28}$ (9)
Коэф. пористости, д.е.		e	$\frac{0,883-2,818}{1,717}$ (34)	$\frac{1,504-2,454}{1,922}$ (3)	$\frac{1,001-2,248}{1,625}$ (2)
Коэф. водонасыщения, д.е.		S_r	$\frac{0,150-0,847}{0,408}$ (34)	$\frac{0,835-0,981}{0,912}$ (3)	$\frac{0,568-0,781}{0,675}$ (2)
Мод. общей деформации (компрессионный), МПа		E	$\frac{2,2-15,8}{6,0}$ (8)	4,2 (1)	-
Сдвиг консолид (медленный)	угол внутр трения, град	φ	$\frac{29,4-34,5}{31,9}$ (9)	$\frac{27,7-29,9}{28,8}$ (3)	-
	сцепление, МПа	c	$\frac{0,003-0,015}{0,009}$ (9)	$\frac{0,003-0,017}{0,009}$ (3)	-
Статическое зондирование*	модуль деформации, МПа	E	$\frac{17,0-26,4}{18,6}$ (22)	-	-
	угол внутр трения, град	φ	$\frac{26,0-32,4}{28,1}$ (22)	-	-
	сцепление, МПа	c	-	-	-
Содерж. органич. примесей, д.е.		I_r	$\frac{0,008-0,064}{0,030}$ (17)	0,021 (1)	$\frac{0,014-0,053}{0,025}$ (5)

Примечание: В числ. – пределы изменения показателей, в знам. – средние значения, в скобках – количество определений.

С целью получения физико-механических характеристик ЗШО для условий сухого складирования было отобрано 7 валовых проб золы с участка опытной отсыпки, где она была выделена в отдельный ИГЭ 10, для исследования ее при оптимальных условиях.

Для каждой пробы были определены оптимальная влажность и максимальная плотность ЗШО методом стандартного уплотнения. Полученные данные приведены в приложении И.5. В

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	972-ИГИ1	Лист
							39

Таблица 7.6 – Нормативные и расчетные показатели физико-механических свойств золошлаковых отложений

			ИГЭ 9	ИГЭ 9а	ИГЭ 10*
			Зола рыхлая, пылеватая, маловлажная	Зола рыхлая, пылеватая, водонасыщенная	Зола рыхлая пылеватая, влажная (перемещенная)
1			2	3	
Влажность, д.е.	природная	W	0,295	0,739	0,322
	на границе текучести	W_L			
	на границе раскатыв.	W_p			
Число пластичности		J			
Показатель текучести		J_L			
Плотность, г/см ³	частиц грунта	ρ_s	2,22	2,37	2,3
	грунта	ρ	1,08	1,42	1,36
	сухого грунта	ρ_d	0,83	0,82	1,00
Коэф. пористости, д.е.		e	1,717	1,922	1,245
Пористость, %		n	62,3	65,2	50,9
Коэф. водонасыщения, д.е.		Sr	0,408	0,912	0,598
При полном водонасыщ.	влажность, д.е.	W	0,783	0,805	0,541
	показатель текучести	J_L			
	плотность грунта, г/см ³	ρ	1,46	1,47	1,58
Угол внутреннего трения		φ	32	29	31,1
Сцепление, МПа		C	0,009	0,009	0,017
Мод. общей деформации, МПа		E	6,0	4,2	10,1
Расчетные показатели ($\alpha=0,85$)	плотность грунта, г/см ³	ρ_{II}	1,05	1,40	1,33
	угол внутр. трения	φ_{II}	31	28	30
	сцепление, МПа	C_{II}	0,008	0,004	0,013
Расчетные показатели ($\alpha=0,95$)	плотность грунта, г/см ³	ρ_I	1,03	1,38	1,32
	угол внутр. трения	φ_I	31	27	29
	сцепление, МПа	C_I	0,007	0,001	0,01

Примечание: * - Показатели приведены по результатам испытаний с заданной влажностью и плотностью сухого грунта.

Обобщая результаты выполненных исследований, при проектировании и расчете вместимости сухого хранения ЗШО, рекомендуется предусмотреть их уплотнение до плотности скелета 1,0 г/см³ независимо от исходной влажности.

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	972-ИГИ1	Лист
							41

ИГЭ 20 – супесь твердая песчанистая, как и ИГЭ 19, подстилает аллювиальные отложения, вскрыта 2-мя скважинами на абсолютных отметках 400,85-401,90 м. Вскрытая мощность отложений составила 1,6-3,0 м.

При полном водонасыщении переходит в пластичное состояние со средним показателем текучести 0,30.

Пределы изменения частных значений показателей физико-механических свойств грунтов приведены в таблице 7.7.

Рекомендуемые нормативные и расчетные показатели физико-механических свойств по выделенным ИГЭ – в таблице 7.8.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					972-ИГИ1	Лист
								43
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Кол.уч.	
Лист	
Недок.	
Подп.	
Дата	

Таблица 7.7 – Пределы частных значений показателей физико-механических свойств грунтов основания

Показатели			Аллювиальные отложения -аQ _{III}								Элювиальные отл. - еJ	
			ИГЭ 11	ИГЭ 11а	ИГЭ 12	ИГЭ 12а	ИГЭ 14	ИГЭ 15	ИГЭ 17	ИГЭ 18	ИГЭ 19	ИГЭ 20
			Суглинок мягкопластичный, легкий, песчанистый и пылеватый	Суглинок тугопластичный, легкий, пылеватый	Супесь твердая, песчанистая	Супесь пластичная, песчанистая с примесью орг. в-в	Песок пылеватый средней плотности маповлажный	Песок мелкий средней плотности маповлажный и влажный	Гравийный грунт с песчаным заполн, водонасыщенный	Галечниковый грунт с песчаным заполн, водонасыщенный	Суглинок твердый, легкий, песчанистый и пылеватый	Супесь твердая, песчанистая
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Влажность, д.е.	природная	W	$\frac{0,254-0,294}{0,274}$ (3)	0,274 (1)	$\frac{0,105-0,172}{0,145}$ (5)	$\frac{0,144-0,356}{0,213}$ (6)	$\frac{0,040-0,132}{0,089}$ (9)	$\frac{0,044-0,167}{0,106}$ (5)	$\frac{0,109-0,145}{0,121}$ (4)	$\frac{0,051-0,177}{0,124}$ (5)	$\frac{0,131-0,200}{0,170}$ (12)	$\frac{0,139-0,155}{0,147}$ (2)
	текучести	W _L	$\frac{0,284-0,338}{0,314}$ (3)	0,348 (1)	$\frac{0,202-0,224}{0,212}$ (5)	$\frac{0,195-0,370}{0,254}$ (6)	-	-	-	-	$\frac{0,275-0,348}{0,321}$ (12)	$\frac{0,234-0,255}{0,245}$ (2)
	раскатывания	W _p	$\frac{0,209-0,236}{0,221}$ (2)	0,238 (1)	$\frac{0,157-0,178}{0,164}$ (5)	$\frac{0,136-0,308}{0,198}$ (6)	-	-	-	-	$\frac{0,187-0,245}{0,217}$ (12)	0,186 (2)
Число пластичности		J	$\frac{0,075-0,103}{0,093}$ (3)	0,110 (1)	$\frac{0,045-0,051}{0,048}$ (5)	$\frac{0,040-0,066}{0,055}$ (6)	-	-	-	-	$\frac{0,088-0,120}{0,0105}$ (12)	$\frac{0,048-0,069}{0,059}$ (2)
Показатель текучести		J _L	0,57	0,33	<0	0,26	-	-	-	-	<0	<0
Плотность, г/см ³	грунта	ρ	$\frac{1,91-2,01}{1,96}$ (2)	1,92 (1)	$\frac{1,78-2,11}{1,96}$ (3)	$\frac{1,80-2,14}{1,93}$ (4)	$\frac{1,58-2,01}{1,81}$ (9)	$\frac{1,65-1,85}{1,75}$ (2)	-	-	$\frac{2,00-2,14}{2,08}$ (8)	$\frac{1,97-2,00}{1,99}$ (2)
	сухого грунта	ρ_d	$\frac{1,52-1,58}{1,55}$ (2)	1,51 (1)	$\frac{1,61-1,82}{1,71}$ (3)	$\frac{1,34-1,84}{1,57}$ (4)	$\frac{1,52-1,83}{1,66}$ (9)	$\frac{1,52-1,71}{1,62}$ (2)	-	-	$\frac{1,71-1,84}{1,77}$ (8)	1,73 (2)
	частиц грунта	ρ_s	$\frac{2,67-2,72}{2,70}$ (2)	2,69 (1)	$\frac{2,69-2,70}{2,69}$ (3)	$\frac{2,63-2,72}{2,68}$ (6)	$\frac{2,65-2,68}{2,66}$ (9)	2,67 (2)	2,68 (2)	$\frac{2,67-2,70}{2,69}$ (3)	$\frac{2,70-2,71}{2,70}$ (8)	$\frac{2,64-2,69}{2,67}$ (2)
Коеф. пористости, д.е.		e	$\frac{0,723-0,753}{0,738}$ (2)	0,785 (1)	$\frac{0,476-0,670}{0,576}$ (3)	$\frac{0,463-0,964}{0,729}$ (4)	$\frac{0,454-0,757}{0,606}$ (9)	$\frac{0,560-0,571}{0,656}$ (2)	-	-	$\frac{0,471-0,583}{0,525}$ (8)	$\frac{0,526-0,553}{0,540}$ (2)
Коеф. водонасыщения, д.е.		S _r	$\frac{0,901-1,000}{0,964}$ (2)	0,939 (1)	$\frac{0,422-0,892}{0,704}$ (3)	$\frac{0,732-0,964}{0,888}$ (4)	$\frac{0,141-0,700}{0,410}$ (9)	$\frac{0,299-0,386}{0,349}$ (2)	-	-	$\frac{0,763-0,962}{0,880}$ (8)	$\frac{0,697-0,753}{0,725}$ (2)
Мод. общей деформации (компрессионный), МПа		E	-	-	8,6 (1)	7,6 (1)	$\frac{9,8-15,7}{12,8}$ (2)	-	-	-	-	-

972-ИГИ1

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	Перлук.	Подп.	Дата

972-ИГИИ	Дата

Показатели			Аллювиальные отложения -аQ _{III}								Элювиальные отл. - еJ	
			ИГЭ 11	ИГЭ 11а	ИГЭ 12	ИГЭ 12а	ИГЭ 14	ИГЭ 15	ИГЭ 17	ИГЭ 18	ИГЭ 19	ИГЭ 20
			Суглинок мягкопластичный, легкий, песчанистый и пылеватый	Суглинок тугопластичный, легкий, пылеватый	Супесь твердая, песчанистая	Супесь пластичная, песчанистая с примесью орг. в-в	Песок пылеватый средней плотности маловлажный	Песок мелкий средней плотности маловлажный и влажный	Гравийный грунт с песчаным заполн, водонасыщенный	Галечниковый грунт с песчаным заполн, водонасыщенный	Суглинок твердый, легкий, песчанистый и пылеватый	Супесь твердая, песчанистая
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сдвиг консолид (медленный)	угол внутр трения, град	φ	-	-	30,4 (1)	27,7 (1)	$\frac{33,5-34,5}{34,0}$ (2)	-	-	-	-	-
	сцепление, МПа	c	-	-	0,017 (1)	0,037 (1)	$\frac{0,003-0,005}{0,004}$ (2)	-	-	-	-	-
Статическое зондирование*	модуль деформации, МПа	E	14,6	13,6	-	-	24,4	-	-	-	-	-
	угол внутр трения, град	φ	16,6	20,6	-	-	31,7	-	-	-	-	-
	сцепление, МПа	c	0,015	0,022	-	-	-	-	-	-	-	-
СП 22.13330.2016, Приложение А, табл.А.1, А.2, А.3 и А.7	модуль деформации, МПа	E	12	13	13	7	22	28	39		22,2	21
	угол внутр трения, град	φ	18	20,4	25,5	18	32	32	36		25,5	24
	сцепление, МПа	c	0,020	0,022	0,014	0,009	0,005	0,002	0,008		0,050	0,048
Содерж. органич. примесей, д.е.	I _r	-	-	0,027 (1)	0,084 (1)	$\frac{0,012-0,022}{0,017}$ (2)	-	-	-	-	-	-

Примечание: В числ. – пределы изменения показателей, в знам. – средние значения, в скобках – количество определений.

Таблица 7.8 – Нормативные и расчетные показатели физико-механических свойств грунтов основания

Показатели			Аллювиальные отложения -аQ _{III}								Элювиальные отл. - еJ	
			ИГЭ 11	ИГЭ 11а	ИГЭ 12	ИГЭ 12а	ИГЭ 14	ИГЭ 15	ИГЭ 17	ИГЭ 18	ИГЭ 19	ИГЭ 20
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Влажность, д.е.	природная	W	0,274	0,274	0,145	0,213	0,009	0,106	0,121	0,124	0,170	0,147
	на границе текучести	W _L	0,314	0,348	0,212	0,254	-	-	-	-	0,321	0,245
	на границе раскатыв.	W _p	0,221	0,238	0,164	0,198	-	-	-	-	0,217	0,186
Число пластичности		J	0,093	0,110	0,048	0,055	-	-	-	-	0,105	0,059
Показатель текучести		J _L	0,57	0,33	<0	0,26	-	-	-	-	<0	<0
Плотность, г/см ³	частиц грунта	ρ _s	2,70	2,69	2,70	2,68	2,66	2,67	2,68	2,69	2,70	2,67
	грунта	ρ	1,96	1,92	1,96	1,93	1,81	1,75	2,22	2,24	2,08	1,99
	сухого грунта	ρ _d	1,55	1,51	1,71	1,57	1,66	1,62	1,98	1,99	1,77	1,73
Кэф. пористости, д.е.		e	0,738	0,785	0,576	0,729	0,606	0,656	0,354	0,352	0,525	0,540
Пористость, %		n	42,5	44,0	36,4	41,4	37,5	39,4	26,1	26,0	34,4	35,1
Кэф. водонасыщения, д.е.		S _r	0,964	0,939	0,704	0,888	0,410	0,342	0,919	0,950	0,880	0,725
При полном водонасыщ.	влажность, д.е.	W	0,274	0,292	0,214	0,273	0,228	0,246	0,132	0,131	0,194	0,203
	показатель текучести	J _L	0,57	0,49	0,91	>1					<0	0,30
	плотность грунта, г/см ³	ρ	1,98	1,95	2,08	1,98	2,04	2,01	2,24	2,25	2,12	2,08
Угол внутреннего трения		φ	18*	20*	25*	18*	32*	32*	36*		25*	24*
Сцепление, МПа		C	0,020*	0,022*	0,014*	0,009*	0,005*	0,002*	0,008*		0,050*	0,048*
Мод. общей деформации, МПа		E _k	12,0*	13,0*	13,0*	7*	22,0*	28*	39,0*		22,2*	21,0*
Расчетные показатели (α=0,85)	плотность грунта, г/см ³	ρ _{II}	1,96	1,92	1,84	1,83	1,76	1,75	2,22		2,06	1,99
	угол внутр. трения	φ _{II}	18	20	25	18	32	32	36		25	24
	сцепление, МПа	C _{II}	0,020	0,022	0,014	0,009	0,005	0,002	0,008		0,050	0,048
Расчетные показатели (α=0,95)	плотность грунта, г/см ³	ρ _I	1,90	1,88	1,74	1,75	1,73	1,72	2,18		2,05	1,96
	угол внутр. трения	φ _I	16	17	22	16	29	29	33		22	21
	сцепление, МПа	C _I	0,013	0,015	0,009	0,006	0,003	0,001	0,005		0,033	0,032

Примечание:

Нормативные показатели прочностных и деформационных свойств приняты по таблицам А.1, А.2, А.3 и А.7 приложения А СП 22.13330.2016.

Расчетные показатели определены в соответствии с указаниями п.п.5.3.20 СП 22.13330.2016.

7.4 Специфические грунты

Из перечня специфических грунтов, установленных СП 22.13330.2016 и СП 11-105-97, часть III в пределах рассматриваемого участка, распространены техногенные и элювиальные грунты.

Ив. № подл. Подп. и дата Взам. инв. №

Изм. Кол.уч. Лист № док. Подп. Дата

972-ИГИ1

Лист

46

Таблица 7.9 – Деформационные и прочностные показатели грунтов по данным статического зондирования

№ п/п	№ т.с.з.	Интервал глубин, м		Среднее значение по слою		Угол внутреннего трения, град	Коеф. внутреннего трения	Удельное сцепление, МПа	Модуль деформации, МПа
		от	до	конус, МПа	муфта, кПа				
1	2	3	4	5	6	φ	$\text{tg}\varphi$	c	E
ИГЭ 2 - Суглинок твердый, легкий песчанистый и пылеватый									
1	2108	1,0	1,3	4,5	75,0	25,5	0,477	0,038	31,5
2	21013	1,0	2,2	3,8	141,8	24,6	0,458	0,034	26,6
3	21015	1,0	2,0	4,1	113,7	25,1	0,468	0,036	28,7
4	21020	1,8	3,4	5,0	142,8	26,0	0,487	0,041	35,0
5	21027	1,6	3,9	3,4	126,3	25,5	0,477	0,038	31,2
6	21030	1,9	2,7	3,9	88,6	24,8	0,462	0,034	27,3
Кол-во определений				6	6	6	6	6	6
Норм значение				4,1	114,7	25,3	0,471	0,037	30,1
Миним значение				3,4	75,0	24,6	0,458	0,034	26,6
Максим значение				5,0	142,8	26,0	0,487	0,041	35,0
Среднеквадр. откл.							0,0110	0,0027	
Коеф. вариации							0,020	0,070	
Расчетное значение		$\alpha = 0,85$				25,0	0,466	0,036	
		$\alpha = 0,95$				24,8	0,462	0,035	
ИГЭ 4 - Супесь твердая песчанистая									
1	2102	1,7	2,0	5,3	68,5	29,3	0,561	0,021	26,5
2	2102	2,3	3,3	6,7	82,6	30,7	0,593	0,023	33,5
3	21027	1,0	1,6	6,6	92,0	30,6	0,591	0,023	30,6
4	31030	1,0	1,9	2,6	47,8	26,8	0,505	0,017	14,4
Кол-во определений				4	4	4	4	4	4
Норм значение				5,3	72,7	29,4	0,563	0,021	26,3
Миним значение				2,6	47,8	26,8	0,505	0,017	14,4
Максим значение				6,7	92,0	30,7	0,593	0,023	33,5
Среднеквадр. откл.							0,0412	0,0028	
Коеф. вариации							0,073	0,135	
Расчетное значение		$\alpha = 0,85$				28,2	0,537	0,019	
		$\alpha = 0,95$				27,2	0,515	0,018	
ИГЭ 5 - Песок пылеватый, средней плотности и плотный, маловлажный									
1	2102	0,9	1,6	14,1	96,3	36,7	0,745		33,1
2	2102	2,0	2,3	9,5	67,0	34,9	0,697		27,2
3	2102	3,3	4,2	5,6	39,0	30,4	0,586		21,6
4	2104	1,2	2,0	17,0	113,8	37,7	0,772		37,0
5	2106	1,0	1,7	18,1	142,5	38,0	0,781		38,0

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

972-ИГИ1

Лист

48

№ п/п	№ т.с.з.	Интервал глубин, м		Среднее значение по слою		Угол внутреннего трения, град	Коэф. внутреннего трения	Удельное сцепление, МПа	Модуль деформации, МПа
		от	до	конус, МПа	муфта, кПа				
						φ	$\text{tg}\varphi$	c	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	2107	1,0	1,8	21,6	144,7	38,9	0,806		41,0
7	21015	2,0	2,5	11,1	99,6	34,6	0,689		29,1
8	21030	6,1	6,5	18,9	138,5	36,2	0,731		39,5
Кол-во определений				8	8	8	8		8
Норм значение				14,5	105,2	35,9	0,726		33,3
Миним значение				5,6	39,0	30,4	0,586		21,6
Максим значение				21,6	144,7	38,9	0,806		41,0
Среднеквадр. откл.							0,0694		
Коэф. вариации							0,100		
Расчетное значение	$\alpha = 0,85$					35,0	0,699		
	$\alpha = 0,95$					34,2	0,679		
ИГЭ 6 - Песок мелкий, средней плотности и плотный, маловлажный									
1	2102	4,2	6,0	20,1	61,6	36,5	0,739		41,0
2	21027	8,7	9,7	10,3	82,6	33,1	0,651		28,3
Кол-во определений				2	2	2	2		2
Норм значение				15,2	72,1	34,8	0,695		34,7
ИГЭ 9 - Зола рыхлая пылеватая, маловлажная									
1	2016	1,0	3,3	2,0	19,7	27,7	0,525		17,0
2	21016	3,3	4,3	0,9	20,4	27,0	0,509		17,0
3	21016	4,3	6,3	3,4	27,7	28,4	0,540		19,1
4	21017	1,0	2,0	1,0	25,6	28,0	0,531		17,0
5	21017	2,0	2,7	2,2	36,1	28,9	0,552		17,3
6	21017	2,7	3,7	3,6	83,4	29,6	0,568		18,6
7	21017	3,7	5,0	2,0	20,6	27,7	0,525		17,0
8	21017	5,0	5,7	1,2	34,3	26,0	0,487		17,0
9	21017	5,7	6,1	8,9	138,8	32,4	0,634		26,4
10	21017	6,1	6,4	6,5	48,3	31,0	0,600		24,2
11	21017	6,4	7,2	3,9	44,5	28,9	0,552		19,8
12	21017	7,2	7,6	4,1	27,0	29,1	0,556		20,1
13	21017	7,6	8,4	1,3	18,4	26,0	0,487		17,0
14	21017	8,4	8,9	0,7	18,8	26,0	0,487		17,0
15	21017	8,9	9,8	0,9	13,1	26,0	0,487		17,0
16	21017	9,8	10,0	4,7	13,0	29,7	0,570		17,7
17	21022	1,0	7,7	2,3	53,8	27,1	0,511		17,5
18	21022	7,8	8,0	1,2	49,3	26,0	0,487		17,0

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

972-ИГИ1

Лист

49

№ п/п	№ т.с.з.	Интервал глубин, м		Среднее значение по слою		Угол внутреннего трения, град	Коэф. внутреннего трения	Удельное сцепление, МПа	Модуль деформации, МПа
		от	до	конус, МПа	муфта, кПа				
1	2	3	4	5	6	φ	$\text{tg}\varphi$	c	E
19	21027	3,9	8,7	4,3	76,0	29,3	0,561		20,3
20	21030	2,7	3,8	2,2	37,7	26,9	0,507		17,3
21	21030	3,8	5,6	2,7	61,6	27,2	0,514		18,1
22	21030	5,6	6,1	4,2	61,4	29,2	0,559		20,2
Кол-во определений				22	22	22	22		22
Норм значение				2,9	42,3	28,1	0,534		18,6
Миним значение				0,7	13,0	26,0	0,487		17,0
Максим значение				8,9	138,8	32,4	0,634		26,4
Среднеквадр. откл.							0,0394		
Коэф. вариации							0,070		
Расчетное значение	$\alpha = 0,85$					27,6	0,523		
	$\alpha = 0,95$					27,2	0,514		
ИГЭ 11 - Суглинок мягкопластичный, легкий, песчанистый и пылеватый									
1	21022	8,0	10,3	0,6	29,5	16,6	0,298	0,015	14,6
ИГЭ 11a - Суглинок тугопластичный, легкий, песчанистый и пылеватый									
1	21016	6,3	6,9	1,8	53,2	20,6	0,376	0,022	13,6
ИГЭ 14 - Песок пылеватый средней плотности и плотный, маловлажный и влажный									
1	21016	6,9	8,0	7,6	52,9	31,7	0,617		24,4
ИГЭ 15 - Песок мелкий средней плотности и плотный, маловлажный и влажный									
1	21017	10,0	11,3	14,1	64,6	35,0	0,700		33,0
2	21022	10,3	10,7	16,9	49,5	35,6	0,715		36,9

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №			

8 СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ

8.1 Нормативная сейсмичность района площадки и ее исходная (фоновая) сейсмичность

8.1.1 Нормативная сейсмичность района площадки

На территории Российской Федерации нормативным документом, позволяющим оценивать степень сейсмической опасности для средних грунтовых условий, является Комплект карт ОСР-2015 (А, В, С). Карты ОСР-2015-А, ОСР-2015-В и ОСР-2015-С отражают 10%-, 5%- и 1%-ную вероятность возможного превышения (или 90%-, 95%- и 99%-ную вероятность непревышения) в течение 50 лет интенсивности сейсмических воздействий, указанных на картах цифрами в баллах шкалы MSK-64, и соответствуют повторяемости сейсмических сотрясений в среднем один раз в 500 (карта А), 1000 (В) и 5000 (С) лет.

Комплект карт ОСР 2015/ОСР-97 (для Иркутской области ОСР 2015 и ОСР-97 совпадают) включен в утверждённый Госстроем РФ СНиП II 7 81* «Строительство в сейсмических районах» и его актуализацию СП 14.13330.2018. Согласно данным документам г. Ангарск, на территории которого расположена площадка, относится к 8 балльной зоне по карте ОСР-2015-А, 8 балльной по карте ОСР-2015-В и к 9 балльной зоне по карте ОСР 2015-С (указанные оценки совпадают с оценками сейсмичности по ОСР-2016). Оставшаяся часть площадки примыкает к территории Ангарска с западной стороны.

Детальное рассмотрение материалов комплекта карт ОСР-2015 и дополнительные расчеты в программно-математическом обеспечении «ВОСТОК» («EAST-2003»), разработанном при составлении карт ОСР-2015 и находящимся в настоящее время в открытом доступе, показывают, что район рассматриваемой площадки объекта целиком относится к 8 балльной зоне по карте ОСР-2015 А, 8 балльной – по карте ОСР 2015 В и к 9 балльной зоне по карте ОСР 2015 С.

8.1.2 Сопоставление сведений о ближайших известных землетрясениях с сейсмичностью района площадки

Оценка особенностей сейсмического режима района площадки с оценкой интенсивности сотрясений, происшедших ранее на ней, возможна на основе специализированного каталога землетрясений Северной Евразии, который был составлен и использован при разработке нового комплекта карт общего сейсмического районирования (ОСР-2015). В нем приведены основные параметры землетрясений с магнитудой $M \geq 3,5$ для региона до конца 2010 г. При уточнении исходной сейсмичности района площадки этот каталог был дополнен сведениями о землетрясениях, происшедших за последующие годы, полученными ФИЦ «Единая Геофизическая служба РАН».

Анализ перечисленных выше сейсмических каталогов (таблица 8.1) показывает, что известны палеосейсмодислокации двух землетрясений, которые могли вызвать на площадке сотрясения интенсивностью около 8 баллов по шкале MSK-64 (интенсивность сотрясений от землетрясений оценивалась по формуле Н.В. Шебалина [12, 14] и с учетом новых соотношений, полученных в работе [10].

Последний раз сотрясения с большой интенсивностью наблюдались на площадке 27.08.2008 от Култукского землетрясения (таблица 8.1). В г. Иркутск оно ощущалось на уровне 5–6 баллов по шкале MSK 64. Сильные сотрясения также наблюдались от Хубсугульского землетрясения, произошедшего 11.01.2021 г.

Анализ рассчитанных интенсивностей сотрясений на площадке от землетрясений, произошедших после составления комплекта карт ОСР-2015 (таблица 1.1) показывает, что их уровень не превышает 7 баллов по шкале MSK 64. Данный факт говорит о достоверности оценок сейсмичности, установленных для района площадки в результате проведения работ по составлению комплекта карт ОСР-2015.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №				

						972-ИГИ1	Лист
Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата		51

Таблица 8.1 – Сведения об известных землетрясениях с магнитудой $M \geq 3,5$, вычисленная интенсивность сотрясений от которых на площадке составила 5 баллов и выше

№	Дата	Время	° с.ш.	° в.д.	Магнитуда	Удаление от площадки, км	Интенсивность сотрясений в районе площадки, баллов MSK-64
1	2	3	4	5	6	7	8
1	~ – 7670	–	103,25	51,84	7,2	98	6,8
2	~ – 5600	–	103,35	51,82	7,6	97	7,4
3	~ – 5435	–	103,01	51,69	6,6	121	5,6
4	~ – 4890	–	102,36	51,91	7,1	133	6,2
5	~ – 3830	–	103,01	51,69	6,6	121	5,6
6	~ – 3170	–	102,36	51,91	7,1	133	6,2
7	~ – 2700	–	103,4	51,8	7,4	98	7,1
8	~ – 2210	–	102,36	51,91	7,1	133	6,2
9	~ – 1770	–	102,36	51,91	7,1	133	6,2
10	~ – 1590	–	102,36	51,91	7,1	133	6,2
11	~ 200	–	103,31	51,83	7,4	97	7,1
12	~ 1310	–	103,01	51,69	6,6	121	5,6
13	27.06.1742	~ 5:30	104,00	51,5	7,7	124	7,2
14	24.10.1769	~ 13:00	105,5	51,5	7,3	164	6,2
15	01.08.1779	~ 13:09	104,5	51,7	6,6	109	5,8
16	02.09.1814	~ 20:00	102,4	51,8	6,4	139	5,1
17	16.12.1814	~ 23:00	105,0	51,5	6,4	144	5,0
18	07.03.1829	~ 22:00	101,7	51,7	7,0	184	5,6
19	18.08.1839	~ 1:00	102	51,5	7,1	182	5,7
20	11.01.1862	~ 9:00	106	52,3	6,5	144	5,2
21	12.01.1862	~ 7:19	106,7	52,3	7,5	190	6,3
22	12.01.1885	~ 16:00	106,5	52,5	6,7	174	5,2
23	11.04.1902	~ 23:43	104,5	51,6	6,9	119	6,1
24	23.07.1905	2:47:00	96,2	49,3	8,2	655	5,4
25	04.04.1950	18:44:14	101,00	51,77	7,0	221	5,3
26	29.08.1959	17:03:14	106,98	52,68	6,8	205	5,1
27	05.01.1967	0:14:41	102,9	48,2	7,8	497	5,3
28	27.08.2008	1:35:30	104,20	51,62	6,4	112	5,4
29	11.01.2021	21:33:00	100,42	51,32	7,2	281	5,2

8.1.3 Исходная сейсмичность площадки

Комплект карт ОСР-2015 позволяет оценивать на трех уровнях степень сейсмической опасности и предусматривает осуществление антисейсмических мероприятий при строительстве объектов различной ответственности: карта А – объекты нормальной (массовое

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						972-ИГИ1	Лист
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		52

Приращение за счет обводненности грунта ΔI_B рассчитывалось согласно п. 3.4.7 РСН 65-87 по формуле:

$$\Delta I_B = K \exp(-0,04 h_B^2),$$

где K – коэффициент, зависящий от литологического состава грунтов (для плотных крупноблочных грунтов $K = 0$, для твердых, полутвердых и тугопластичных суглинков и глин, крупноблочных грунтов с содержанием песчано-глинистого заполнителя не менее 30% $K = 0,5$, для песчаных грунтов, пластичных и текучих супесей, мягкопластичных, текучепластичных и текучих суглинков и глин $K = 1$), h_B – расчетное положение уровня грунтовых вод.

В качестве эталонных (средних) грунтов согласно РСН 60-86 были выбраны супесчано-суглинистые грунты с плотностью равной $\rho = 1,8 \text{ г/см}^3$, со скоростью распространения продольных волн $V_P = 700 \text{ м/с}$ и со скоростью распространения поперечных волн $V_S = 350 \text{ м/с}$.

8.2.2 Результаты определения приращений сейсмической интенсивности на площадке и ее расчетная сейсмичность

В связи с отсутствием резких различий сейсмических жесткостей в различных слоях разреза приращения $\Delta I_{\text{рез}}$ равны нулю.

На основе анализа инженерно-геологических разрезов и результатов изучения скоростного строения разрезов, выполненного для применения метода сейсмической жесткости, площадка была разбита на восемь зон с различными типами грунтовой толщи, отличающимися по сейсмическим свойствам. Параметры верхней 10 метровой толщи для каждого типа грунта, а также расчеты приращений сейсмической интенсивности для них относительно эталонных грунтов приведены в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Расчеты приращений сейсмической интенсивности относительно эталонных грунтов по продольным и поперечным волнам

Тип грунтовой толщи / № зоны	№ слоя	Типичный грунт слоя	$h, \text{ м}$	$V_P, \text{ м/с}$	$V_S, \text{ м/с}$	$\rho, \text{ г/см}^3$	$\Delta I_{CP}, \text{ балл}$	$\Delta I_{CS}, \text{ балл}$	$\Delta I_e, \text{ балл}$	$\Delta I, \text{ балл}$
1	1	Галечник.грунты	1.5	800	420	2.13	0.43	0.33	0.03	0.36
	2	Супеси, пески	7	290	170	1.74				
	3	Гравийные грунты	1.5	2000	540	2.22				
2	1	Пески	9.1	240	150	1.74	0.75	0.58	0.02	0.60
	2	Гравийные грунты	0.9	810	390	2.22				
3	1	Суглинки	2.1	290	180	1.98	0.79	0.71	0.00	0.79
	2	Зола	5.1	200	110	1.08				
	3	Пески пылеватые	2.8	270	150	1.81				
4	1	Суглинки	1.6	290	180	1.98	0.56	0.47	0.00	0.56
	2	Галечник. грунты	4.6	780	410	2.13				
	3	Зола	3.8	210	120	1.08				
5	1	Зола	10.0	220	130	1.08	1.21	1.09	0.00	1.21
6	1	Зола	4.0	240	140	1.30	-0.03	0.02	0.12	0.14
	2	Галечник. грунты	6.0	2500	650	2.24				
7	1	Сугл, супеси, пески	4.3	280	170	1.92	0.93	0.82	0.00	0.93
	2	Зола	5.7	220	130	1.08				
8	1	Суглинки, супеси	2.9	290	160	1.92	0.58	0.53	0.00	0.58

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	972-ИГИ1	Лист
							54

8.3.1 Параметры зон возникновения очагов землетрясений, расположенных вблизи площадки

В ходе составления Комплекта карт общего сейсмического районирования ОСР-2015 Северная Евразия была разделена на крупные и генетически единообразные в тектоническом, геодинамическом и сейсмическом отношении регионы R_i , а затем в соответствии с разработанной линеаментно-доменно-фокальной (ЛДФ) моделью в каждом из них выделялись основные структурные элементы (зоны возникновения очагов землетрясений) трех типов – линеаменты (L), отражающие концентрированную (структурированную) сейсмичность; домены (D), характеризующие рассеянную, сейсмичность; потенциальные очаги (F) землетрясений, выявляющие наиболее опасные участки и, как правило, приуроченные к линеаментным структурам. Район расположения площадки попал в регион 3.1 - Алтай-Саяно-Байкальский.

Зоны возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) (рисунок 8.1), классифицировались по магнитуде M с шагом 0,5 единицы магнитуды. Верхний порог магнитуды (M_{max}) определялся реальной сейсмогеодинамической обстановкой. Величина M_{max} оценивалась всеми доступными и разумными способами: по археологическим и историческим памятникам, по размеру древних сейсмодислокаций, ширине зон динамического влияния главных сейсмогенных структур, протяженности и сегментации сейсмоактивных разломов, по размеру взаимодействующих геоблоков, по конфигурации графиков повторяемости землетрясений, по экстремальным значениям графика накопления тектонических деформаций, по потенциальным очагам землетрясений максимальной магнитуды и т.п.

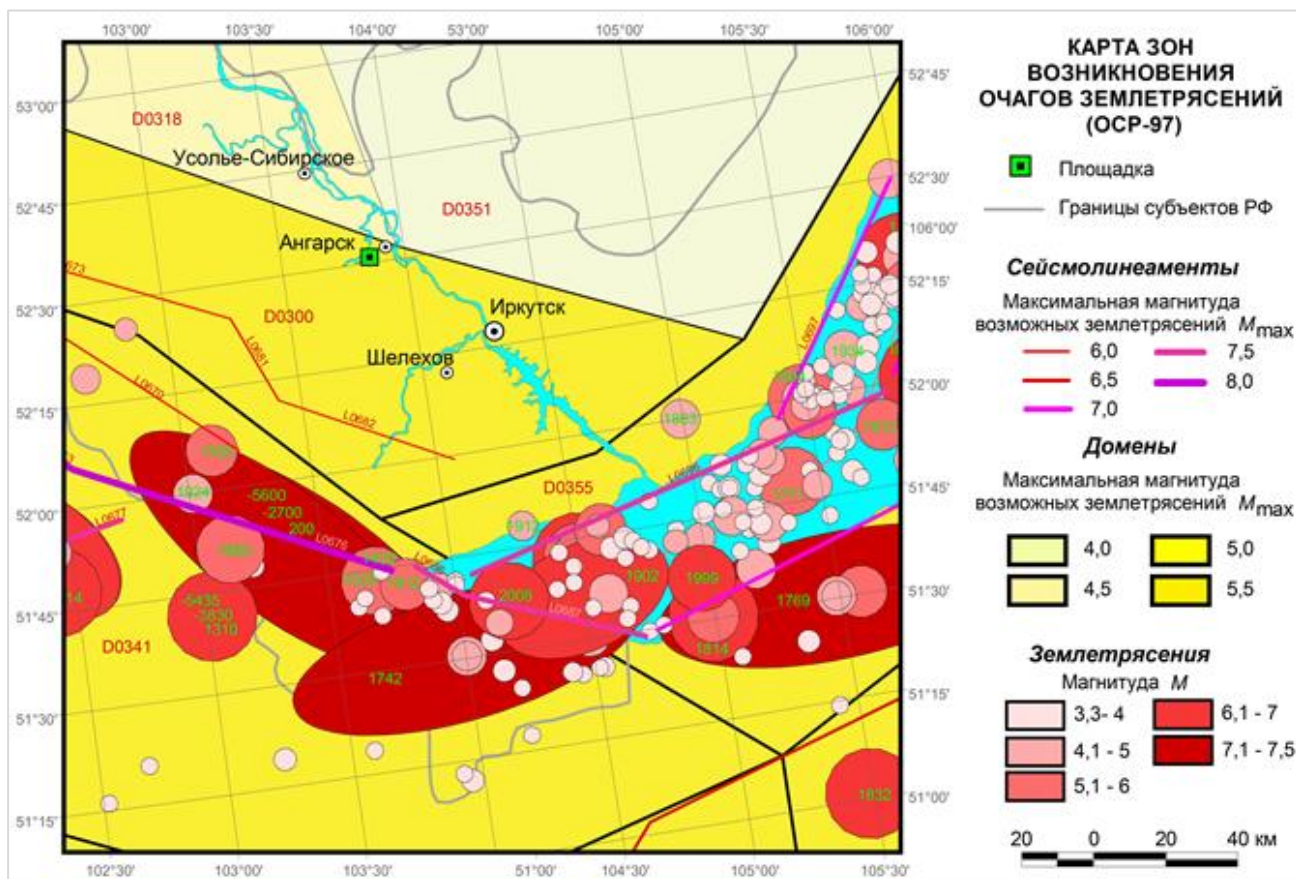


Рисунок 8.1 – Карта зон возникновения очагов землетрясений по ОСР-2015, а также землетрясения специализированного каталога (у наиболее сильных землетрясений красным шрифтом указаны года возникновения); площадка показана зеленым квадратом

При этом в ОСР-2015 у доменов минимальная магнитуда $M_{min} = 3,0-4,0$, а максимальная магнитуда $M_{max} = 4,0-5,5$; у линеаментов $M_{min} = 6,0$, $M_{max} = 6-8$; у очагов $M_{min} = 6,0$.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

972-ИГИ1

Лист

56

В Алтай-Саяно-Байкальском регионе очагов не выделено. Таким образом, существует иерархия сейсмичности: слабая сейсмичность описывается доменами, более сильная – линеаментами и сильная очаговая – очагами.

После выделения зон ВОЗ удельная плотность общего потока V_{RM} сейсмических событий разных магнитуд M в регионе, равная их среднегодовому числу, распределялась между всеми зонами региона.

Поток доменов определялся из реальных характеристик покрываемых ими областей (сейсмические каталоги, сейсмодислокации и т.п.). Вся сейсмичность с $M > 6,0$ распределялась на линеаментах пропорционально их длине, т.е. активность 1 км любого линеамента в данном регионе одинакова, однако сильная сейсмичность на них «обрывается» согласно их M_{max} . Для каждой зоны ВОЗ также оценивались параметры возможных в ней землетрясений: возможные глубины, азимуты, углы наклона и т.д., а также возможные разбросы в их значениях.

Величина сейсмичности района площадки определяется параметрами зон ВОЗ (рисунок 8.1), взаимным расположением исследуемых участков относительно активных сейсмогенных структур региона (линементов и доменов).

Параметры зон ВОЗ, ближайших к рассматриваемой площадке, полученные из базы данных карт ОСР-2015, приведены в таблицах 8.3 и 8.4

Таблица 8.3 – Параметры линементов с различными M_{max} из базы данных ОСР-2015, ближайших к площадке

Номер линеамента на карте зон ВОЗ	Длина линеамента в км	Координаты концов линеамента в градусах		График повторяемости землетрясений		Глубина кровли и подошвы слоя для верхней кромки очага-площадки	
		широта	долгота	Магнитуда M_{LN}	Количество N в год	H_k , км	H_p , км
L0681	27	52,42	103,25	6,0	0,0001998	2,0	12,0
		52,20	103,40	–	–	–	–
L0702	37	51,98	106,40	6,5	0,0002790	4,0	19,0
		51,75	106,01	6,0	0,0002826	4,0	14,0
L0697	74	52,50	106,01	7,0	0,0004665	4,0	24,0
		51,96	105,39	6,5	0,0005528	4,0	19,0
		–	–	6,0	0,0005600	4,0	14,0
L0686	16	51,74	103,85	7,5	0,0000696	1,2	26,2
		51,65	104,03	7,0	0,0001021	1,2	21,2
		–	–	6,5	0,0001210	1,2	16,2
		–	–	6,0	0,0001225	1,2	11,2
L0676	93	52,10	102,53	8,0	0,0002750	1,2	31,2
		51,74	103,75	7,5	0,0004060	1,2	26,2
		–	–	7,0	0,0005948	1,2	21,2
		–	–	6,5	0,0007048	1,2	16,2
		–	–	6,0	0,0007140	1,2	11,2

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	972-ИГИ1	Лист
							57

Таблица 8.4 – Параметры домена из базы данных ОСР-2015/ОСР-97, в котором расположена площадка

Номер домена на карте зон ВОЗ	Площадь домена в кв. км	Координаты вершин домена-многоугольника в градусах		Повторяемость землетрясений		Глубина кровли и подошвы слоя для верхней кромки очага-площадки	
		широта	долгота	Магнитуда M_{LN}	Количество N в год	H_k , км	H_p , км
D0300	254107	56,57	92,60	5,5	0,01636440	2,0	7,0
		56,66	94,54	5,0	0,04527933	2,0	7,0
		56,43	97,22	4,5	0,12528530	2,0	7,0
		55,87	98,63	4,0	0,34665701	2,0	7,0
		53,08	102,25	–	–	–	–
		52,54	103,97	–	–	–	–
		52,17	105,31	–	–	–	–
		51,95	104,64	–	–	–	–
		51,87	103,74	–	–	–	–
		52,41	102,87	–	–	–	–
		53,10	100,58	–	–	–	–
		53,58	97,69	–	–	–	–
		53,51	94,96	–	–	–	–
		52,89	90,26	–	–	–	–
		54,60	89,23	–	–	–	–
56,21	89,05	–	–	–	–		
56,57	92,60	–	–	–	–		

Площадка находится в домене D0300, имеющем максимальную магнитуду, равную 5,5. Минимальное расстояние от площадки до ближайшего линейного элемента L0681, характеризующегося максимальной магнитудой 6,0, составляет 36 км (рисунок 8.1).

8.3.2 Параметры землетрясений, представляющих максимальную опасность для площадки

Для нахождения характеристик сейсмических воздействий на площадке необходимо определить параметры землетрясений, задающих сейсмичность на ней. Для этого необходимо рассмотреть параметры зон ВОЗ, окружающих площадку, с учетом спадания интенсивности колебаний по мере удаления от относящихся к ним гипоцентров землетрясений.

О спадании бальности сейсмических сотрясений от землетрясений заданной магнитуды и с расстоянием при удалении объектов от эпицентральных областей можно судить по известному уравнению Н.В. Шебалина, а также по реальным оценкам недавних землетрясений и выявленных макросейсмических закономерностей. Расчет проводился по уравнению вида:

$$I = 1,5 M_{LN} - 3,5 \lg R + 3,0$$

где I – интенсивность сотрясений в баллах от землетрясения с магнитудой (M_{LN}) и удалением от его гипоцентра на расстояние R (в км). Коэффициенты в данном уравнении, были многократно проверены на практике.

Был проведен анализ параметров зон ВОЗ с различными M_{max} , ближайших к площадке, в соответствии с уравнением Н.В. Шебалина (таблица 8.5).

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.					972-ИГИ1	Лист
			Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.		
							58	

Таблица 8.5 – Максимальная интенсивность сейсмических воздействий от землетрясений, приуроченных к ближайшим к площадке зонам ВОЗ из базы данных ОСР-2015 с различными M_{max}

Зона ВОЗ, соответствующая землетрясению	D0300	L0681	L0702	L0697	L0686	L0676
1	2	3	4	5	6	7
Максимальная магнитуда зоны ВОЗ	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
Минимальное расстояние от зоны ВОЗ до площадки, км	2	36	171	123	81	80
Максимальная расчетная интенсивность на площадке от зоны ВОЗ, баллы MSK-64	10,2	6,6	4,9	6,2	7,6	8,3

Из таблицы видно, что сильные сотрясения с интенсивностью 8 баллов по шкале MSK 64, соответствующей исходной сейсмичности площадки, на площадке могут вызвать только землетрясения, относящиеся к домену D0300 и линеаменту L0676. В то же время было установлено, что землетрясения на остальных линеаментах не способны вызвать на площадке сотрясения интенсивностью в 8 баллов и более.

Для дальнейшего определения параметров сейсмических воздействий на площадке необходимо найти наиболее типичные значения параметров землетрясений, возникновение которых приведет к колебаниям с интенсивностью, соответствующей исходной сейсмичности (согласно карте ОСР-2015-А – 8 баллов по шкале MSK 64 и карте ОСР-2015-В – 9 баллов). Землетрясения с такими параметрами называют модальными. Их следует рассматривать для оценки сейсмической опасности на заданной площадке.

Для оценки типичных параметров землетрясений, способных вызвать в районе площадки сотрясения интенсивностью в 8 и 9 баллов был проведен анализ вкладов в уровень сейсмической опасности сейсмогенерирующих структур (зон ВОЗ).

Установлено, что модальным землетрясением является события, относящиеся к линеаменту L0676 модели зон возникновения очагов ОСР 2015/ОСР-97. Землетрясения в нем распределены на глубине 2.0...7,0 км (таблицу 8.3). Их максимальная магнитуда равна 5,5.

Таким образом, модальное землетрясение для сотрясений интенсивностью $I = 9$ баллов по шкале MSK-64 на рассматриваемой площадке, соответствующее максимальному расчетному землетрясению, относится к домену D0300, имеет магнитуду $M = 5,5$ и удаление гипоцентра от площадок $R = 4,4$ км, что следует как из формулы Н.В. Шебалина, так и из последних исследований, использованных при построении комплекта карт ОСР 2015. Модальное землетрясение для сотрясений интенсивностью $I = 8$ баллов по шкале MSK-64 на рассматриваемой площадке, соответствующее проектному землетрясению, также относится к домену D0300, имеет магнитуду $M = 5,5$ и удаление гипоцентра от площадок $R = 8,5$ км.

Параметры модального землетрясения были использованы для расчета акселерограммы, используемой в расчетах реакции грунта площадки на сейсмические воздействия.

8.3.3 Определение параметров, задающих вид исходной акселерограммы на площадке

Для расчета характеристик ожидаемых сейсмических воздействий на площадке от сильных землетрясений необходимо сначала получить акселерограмму соответствующую модальному землетрясению, которое в данном случае имеет магнитуду $M = 5,5$ и гипоцентральное расстояние $R = 8,5$ км в случае проектного землетрясения (ПЗ) и $M = 5,5$ и $R = 4,4$ км в случае максимального расчетного землетрясения (МРЗ).

Дополнительно необходимо учесть, что для землетрясений рассматриваемого региона характерен взбросо-сдвиговый механизм [15]. Получаемая акселерограмма должна относиться к основанию верхней толщи известного инженерно-геологического разреза. Далее акселерограмма будет пересчитана на верхнюю границу толщи грунтов площадки.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						972-ИГИ1	Лист
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		59

От концов интервала с максимальными значениями начинаются склоны спектра, имеющие линейный вид в двойном логарифмическом масштабе $\lg \beta - \lg T$, где β – значения спектра коэффициентов динамичности, а T – период.

Скорость уменьшения значений β одинакова в низкочастотной и высокочастотной части спектра и такова, что на уровне спектра в $0,5 \beta_{\max}$ ширина спектра составляет $S + 0,4$, где величина $0,4$ соответствует удвоенному доверительному интервалу для ширины спектра реакции. В низкочастотной части спектра, где $\beta < 0,4 \beta_{\max}$, значения β снижаются пропорционально $1/T^2$.

Полученные для ПЗ и МРЗ локальные спектры представлены на рисунках 8.2 и 8.3.

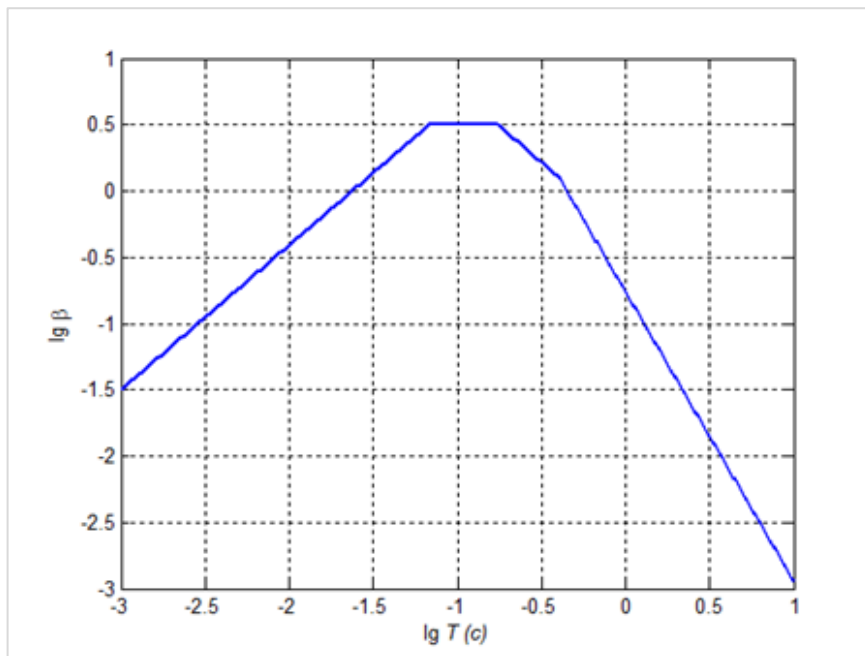


Рисунок 8.2 – Локальный спектр ответа для максимального расчетного землетрясения

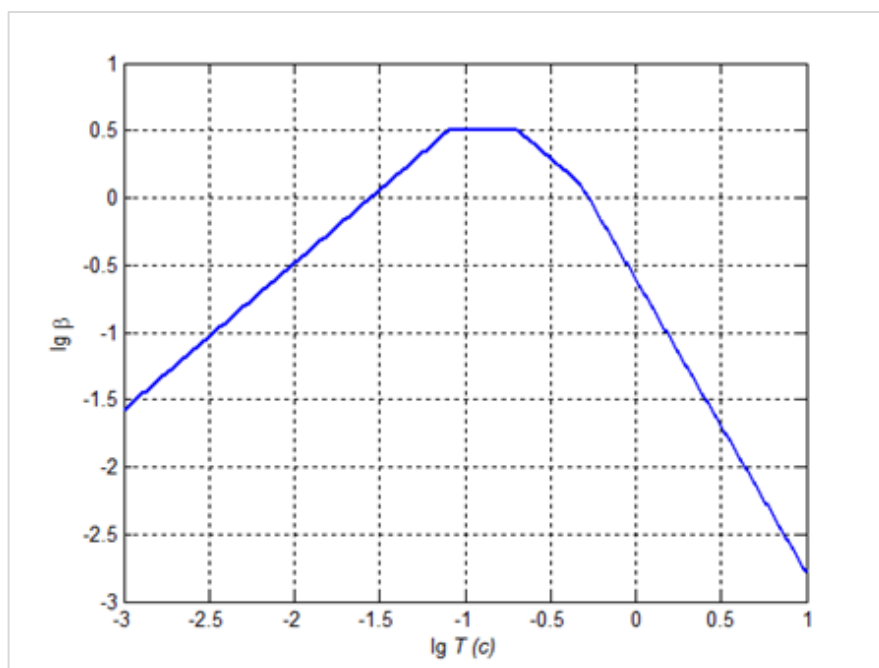


Рисунок 8.3 – Локальный спектр ответа для проектного землетрясения

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

По ним с помощью специализированной программы по методу схожему с описанным в [14] были построены акселерограммы с необходимыми амплитудами a_{\max} и огибающими, имеющими значения параметр d , рассчитанные ранее. Спектр ответа акселерограмм отклоняется от локального спектра не более чем на 10%.

Построенная исходная акселерограмма для МРЗ показана на рисунке 8.4. Аналогичная акселерограмма для ПЗ показана на рисунке 8.5. Они использовались для дальнейших расчетов колебаний грунта на площадке.

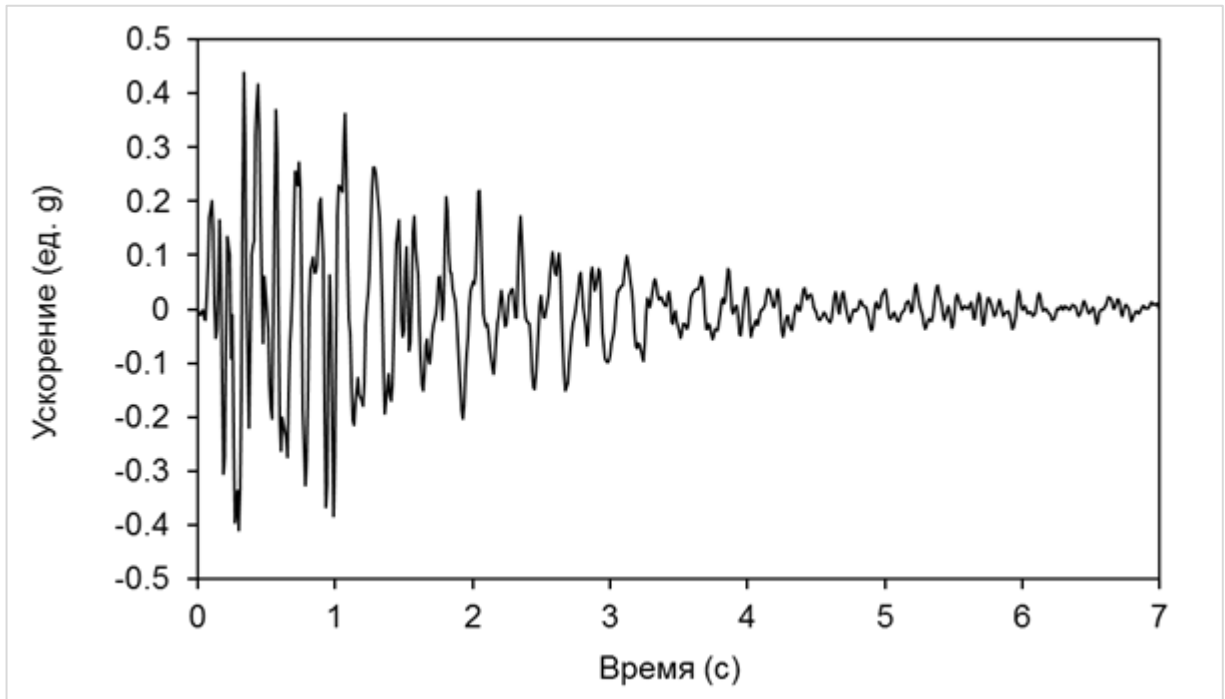


Рисунок 8.4 – Синтезированная акселерограмма для МРЗ; ускорение указано в единицах ускорения свободного падения g

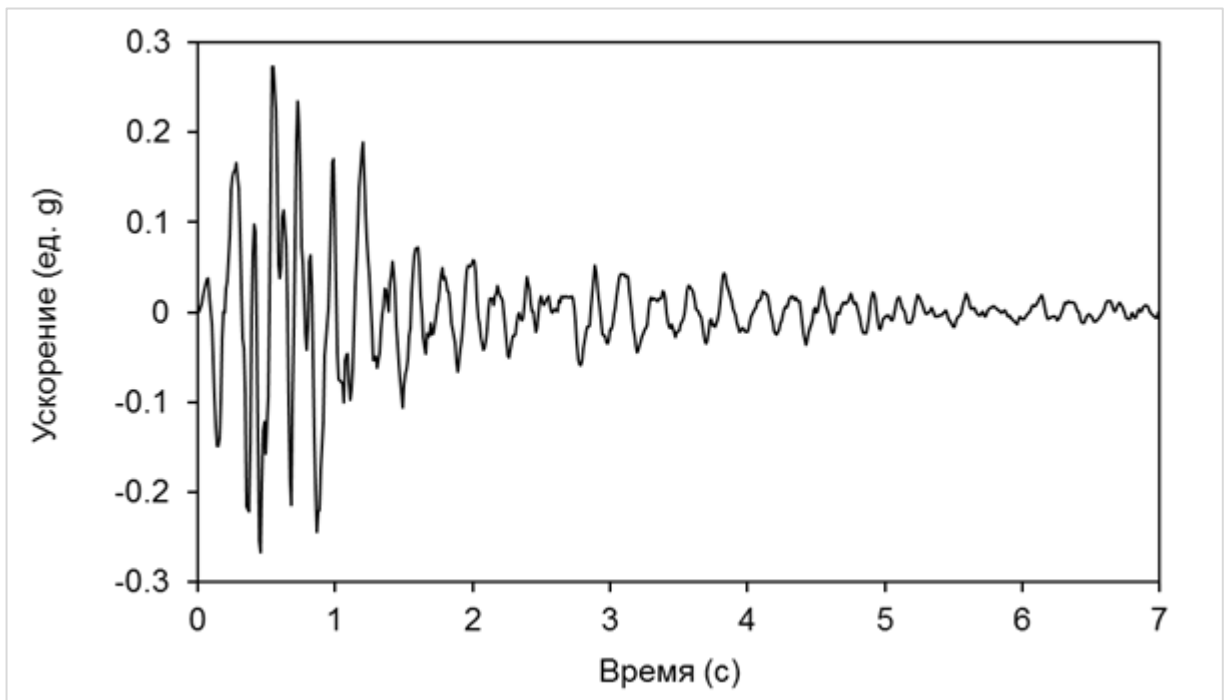


Рисунок 8.5 – Синтезированная акселерограмма для ПЗ; ускорение указано в единицах ускорения свободного падения g

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Для площадки золошлакоотвала участка № 1 ТЭЦ-9 для задания сейсмических воздействий при максимальном расчетном землетрясении (МРЗ) следует использовать карту ОСР-2015-С, и карту ОСР-2015-А – при проектном землетрясении (ПЗ). Исходную сейсмичность для МРЗ принята равной 9 баллам по шкале MSK 64, а для ПЗ – 8 баллам.

В ходе проведения работ по сейсмическому микрорайонированию площадки была установлена ее расчетная сейсмичность, рассчитаны акселерограммы и определены характеристики сейсмических воздействий от сильных землетрясений для карты ОСР-2015-А при проектном землетрясении (ПЗ) и карты ОСР-2015-С для задания сейсмических воздействий при максимальном расчетном землетрясении (МРЗ).

По результатам изучения сейсмических свойств грунтов на площадке выделено восемь зон с различными типами грунтовой толщи.

Проведенное сейсмическое микрорайонирование площадки показало, что расчетная сейсмичность зон №№ 1 и 6 площадки совпадает с исходной сейсмичностью района изысканий. Для зон №№ 2 – 5 и №№ 7 - 8 расчетная сейсмичность выше исходной сейсмичности региона изысканий, заданной картами общего сейсмического районирования ОСР 2015, на 1 балл.

Расчетная сейсмичность площадки для периода повторяемости сотрясений в 500 лет (карта ОСР-2015-А) в долях балла по шкале MSK-64 составила для зоны № 1 – 8.3 балла, для зоны № 2 – 8.6 балла, для зоны № 3 – 8.8 балла, для зоны № 4 – 8.6 балла, для зоны № 5 – 9.2 балла, для зоны № 6 – 8.3 балла, для зоны № 7 – 8.9 балла и для зоны № 8 – 8.6 балла. В целочисленном значении расчетная сейсмичность для зон №1, №6 равна 8 баллам, для остальных зон площадки расчетная сейсмичность равна 9 баллам по шкале MSK-64.

Для периода повторяемости сотрясений в 5000 лет (карта ОСР-2015-С) в долях балла по шкале MSK-64 расчетная сейсмичность составила для зоны № 1 – 9.3 балла, для зоны № 2 – 9.6 балла, для зоны № 3 – 9.8 балла, для зоны № 4 – 9.6 балла, для зоны № 5 – 9.2 балла, для зоны № 6 – 9.3 балла, для зоны № 7 – 9.9 балла, для зоны № 8 – 9.6 балла. В целочисленном значении расчетная сейсмичность для зон № 1 и № 6 равна 9 баллам, для остальных зон площадки расчетная сейсмичность равна 10 баллам по шкале MSK-64.

Результаты выполненных работ отражены на картах сейсмического микрорайонирования, построенных для периодов повторяемости сотрясений в 500 (граф. прил. 972-ИГИ1-03, листы 1 и 2) и 5000 лет, что соответствуют проектному и максимальному расчетному землетрясениям.

Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	972-ИГИ1	Лист
							64
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					

на структурные элементы, их прочностные характеристики значительно снижаются. Проектом не предусматривается вскрытие элювиальных грунтов.

Из неблагоприятных инженерно-геологических процессов, оказывающих влияние на выбор проектных решений и влияющих на устойчивость и эксплуатацию сооружений, в отчете отмечены процессы морозного пучения и землетрясения.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов для участка золошлакоотвала рассчитанная по СП 22.13330.2016 п.5.5.3 составила для суглинков – 1,84 м, для супесей, песков мелких и пылеватых – 2,25 м, для песков гравелистых – 2,41 м, для галечниковых грунтов – 2,73 м.

В зоне сезонного промерзания по степени пучинистости грунты относятся к среднепучинистым (ИГЭ 2), слабопучинистым (ИГЭ 4, ИГЭ 6 и ИГЭ 7), к пучинистым (ИГЭ 5, ИГЭ 9, ИГЭ 9а и ИГЭ 10), к непучинистым (ИГЭ 8).

В соответствии с таблицей 5.1 СП 115.13330.2016 категория опасности природные процесса пучения относится к весьма опасной

Согласно комплекту карт общего сейсмического районирования ОСР-2016 СП 14.13330.2018, сейсмичность района составляет для карты А – 8 баллов, для карты В – 8 баллов и для карты С – 9 баллов по шкале MSK-64

По результатам сейсмического микрорайонирования (метод сейсмических жесткостей) участок золошлакоотвала (ГТС III класса) характеризуется прогнозной сейсмической интенсивностью 8 и 9 баллов для карты ОСР-2016 А и, 9 и 10 балла для карты ОСР-2016 С.

Грунты по сейсмическим свойствам относятся ко II и III категории.

Согласно СП 115.13330.2016 таблица 5.1 категория опасности по землетрясениям – опасная и весьма опасная.

По совокупности инженерно-геологических, гидрогеологических и техногенных условий категория сложности района (участка) принята II (средней сложности), согласно (приложение Г, таблица Г.1, СП 47.13330.2016).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							972-ИГИ1	Лист
			Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата		67

10 ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

- 1 СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Госстрой РФ. Москва, 2018 г.
- 2 СП 446.1325800.2019. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. Госстрой РФ. Москва, 2019 г.
- 3 СП 23.13330.2018. Основания гидротехнических сооружений. Госстрой РФ. Москва, 2018 г.
- 4 СП 22.13330.2016. Основание зданий и сооружений. Госстрой РФ. Москва, 2016 г.
- 5 СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Госстрой РФ. Москва, 2018 г.
- 6 СП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий. Госстрой РФ. Москва, 2016 г.
- 7 СП 131.13330.2018. Строительная климатология. Госстрой РФ. Москва, 2018 г.
- 8 СП 11-105-97. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Часть VI. Правила производства геофизических исследований. Госстрой России. Москва, 2004 г.
- 9 СП 283.1325800.2016. Объекты строительные повышенной ответственности. Правила сейсмического районирования. Госстрой РФ. Москва, 2017 г.
- 10 Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями. ДальНИИС Госстроя СССР. Москва, 1989 г.
- 11 ГОСТ 21.301-2014 «СПДС. Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям». Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Москва, Стандартинформ, 2015 г.
- 12 ГОСТ 21.302--2013 «СПДС. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям». Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Москва, Стандартинформ, 2014 г.
- 13 ГОСТ 19912-2012. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Москва, Стандартинформ, 2012 г.
- 14 ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Москва, Стандартинформ, 2012 г.
- 15 ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Москва, Стандартинформ, 2013 г.
- 16 РД 34.15.073-91. Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строительстве. Главтехстрой министерства энергетики и электрификации СССР. Москва, 1991 г.
- 17 РСН 60-86. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ. Госстрой РСФСР. – М.: МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1986. – 32 с.
- 18 РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования по производству работ. Госстрой РСФСР. – М.: МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1987. – 26 с.

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.							Лист
			Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	972-ИГИ1

11 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ (ИСТОЧНИКОВ)

- 1 Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200000. Лист N-48-XXXII. ГФУГП «Иркутскгеология», 2000 г.
- 2 НП ОО «Центр геолого-экологических исследований». Расширение существующего золошлакоотвала Иркутской ТЭЦ-1 в городе Ангарске Иркутской области. Секции № 2 и № 3. Технический отчёт по инженерно-геологическим изысканиям на площади секции №3. Иркутск, 2002 г.
- 3 НП ОО «Центр геолого-экологических исследований». Расширение существующего золошлакоотвала Иркутской ТЭЦ-1 в городе Ангарске Иркутской области. Секции № 2 и № 3. Технический отчёт по инженерно-геологическим изысканиям на площади секции №2. Иркутск, 2003 г.
- 4 НП ОО «Центр геолого-экологических исследований». Расширение существующего золоотвала Иркутской ТЭЦ-1 в городе Ангарске. Расширение насосной станции осветленной воды. Технический отчёт по инженерно-геологическим изысканиям. Иркутск, 2003 г.
- 5 Паспорта наблюдательных скважин и пьезометров.
- 6 АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», филиал ПАО «Иркутскэнерго» ТЭЦ 9. Декларация безопасности гидротехнических сооружений участка № 1 филиала ПАО «Иркутскэнерго» ТЭЦ-9. Иркутск, 2021 г.
- 7 Каган А.А. Расчетные характеристики грунтов. Стройиздат. Москва, 1985 г.
- 8 Аптикаев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. – М.: Наука и образование, 2012. – 176 с.
- 9 Аптикаев Ф.Ф., Эртелева О.О. Генерирование искусственных акселерограмм методом масштабирования реальных записей. // Физика Земли, № 7, 2002. – С 39-45.
- 10 Гусев А.А., Шумилина Л.С. Моделирование связи балл-магнитуда-расстояние на основе представления о некогерентном протяженном очаге. // Вулканология и сейсмология, № 4-5, 1999. – С. 29-40.
- 11 Мушкетов И.В., Орлов А.П. Каталог землетрясений Российской Империи. – Зап. РГО, 26, СПб., 1893.
- 12 Сейсмическая сотрясаемость территории СССР; отв.ред. Ю.В. Ризниченко. – М.: Наука, 1979. – 192 с.
- 13 Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97). Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / гл. ред. В.Н. Страхов и В.И. Уломов – 1 : 8 000 000. – М.: ОИФЗ: Роскартография, 1999. – 57 с.
- 14 Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании. // Сейсмическое районирование территории СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 95-111.
- 15 Шерман С. И., Лунина О. В. Новая карта напряженного состояния верхней части литосферы земли // Доклады Академии наук. – 2001. – Т. 378, – №5. – С. 672 674.

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.							Лист
			972-ИГИ1						
			Изм.	Коп.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	

