

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН**

**КАЗАХСТАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ**

На правах рукописи  
УДК 628.171

**МЕДЕУОВ АЯЗГАЛИ ТУЛЕНДИЕВИЧ**

**Повышение эксплуатационной надежности резервуаров  
чистой воды в слабых грунтах**

05.23.04 - «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны  
водных ресурсов»

Диссертация на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических  
наук Наурызбаев Е.М.

Республика Казахстан  
Шымкент, 2014

# СОДЕРЖАНИЕ

Нормативные ссылки.....	4
Определения, обозначения и сокращения.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	8
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО НАДЕЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ИХ СООРУЖЕНИЙ.....	12
1.1 Анализ ранее проведенных исследований по надежности элементов сооружений систем водоснабжения в районах, подверженных частным землетрясениям.....	12
1.2 Гидрогеологические и климатические условия района эксплуатации систем водоснабжения.....	20
Выводы .....	30
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ РАСПОЛОЖЕННЫХ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ ...	32
2.1 Эксплуатационная надежность системы водоснабжения, в условиях Южного Казахстана.....	32
2.2 Особенности исследований площадок, расположенных на слабых водонасыщенных грунтах .....	39
2.3 Основы оценки влияний слабых землетрясений на надежность инженерных сооружений .....	44
2.4 Исследования прочностных характеристик подземных конструкций, расположенных на слабых грунтах под воздействием внешних факторов.....	50
Выводы .....	55

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ .....	57
3.1 Анализ работы конструкций подземных инженерных объектов, возводимых на слабых грунтах с учетом динамических нагрузок.....	57
3.2 Исследование работы наблюдательной СВД по понижению УГВ в районе расположения резервуаров чистой воды. ....	61
3.3 Исследование прочностных характеристик и фильтрационных свойств слабых водонасыщенных грунтов в районе расположения резервуаров чистой воды.....	74
Выводы .....	83
ГЛАВА 4. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ И СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСА РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ.....	84
4.1 Расчета надежности комплекса водоподачи в г.Шымкент.....	84
4.2 Количественная оценка надежности подземных сооружений: система водоподачи - резервуар чистой воды.....	94
Выводы .....	102
ГЛАВА 5. РЕКОМЕНДАЦИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ РЧВ И ЕЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	103
5.1 Рекомендации по повышению эксплуатационной надежности РЧВ г. Шымкент .....	103
5.2 Технико-экономическая эффективность предложенных инженерных рекомендаций.....	106
5.2.1 Критерии эффективности инвестиционных проектных решений в рыночных условиях.....	106
5.2.2 Особенности реализации проектов в системе водоснабжения ....	110
5.2.3 Оценка эффективности инвестиций .....	111
Выводы .....	116
ВЫВОДЫ.....	117

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	131

## **НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. –М., 1990. -30 с.

ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 17.0.0.04-90. Охрана природы. Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения.

ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.

ГОСТ 7.4-95. Издания. Выходные сведения.

РНД 1.01.03-94. Правила охраны поверхностных вод Республики Казахстан.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей диссертации применяются следующие термины с соответствующими определениями:

*Надежность* - reliability. Свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям эксплуатации.

*Отказ* - refuse. Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

*Наработка до отказа* - working before Refuse. Продолжительность нормальной работы объекта от начала его эксплуатации до возникновения первого отказа.

*Наработка между отказами* - working between Refuse. Продолжительность нормальной работы объекта от окончания восстановления его работоспособного состояния после отказа до возникновения следующего отказа.

*Время восстановления работоспособного состояния* – Recovering time of the capacity for work condition is duration of the recovering capacity for work condition of the object. Продолжительность восстановления работоспособного состояния объекта.

*Геоэкология* – geocology. Наука, изучающая геосферные оболочки Земли, в том числе подземную гидросферу, как компоненты окружающей среды, и минеральную основу биосферы, а также происходящие в них изменения под влиянием природных и техногенных ресурсов.

*Система водоснабжения* – Комплекс взаимосвязанных инженерных устройств и сооружений, обеспечивающих потребителей воды в требуемом количестве и заданного качества.

*Схема водоснабжения* – последовательное расположение сооружений от источника до потребителя и их взаимное расположение относительно друг друга.

*Землетрясение* - одно из наиболее частных природных явлений.

*Афтершоки* - слабые толчки, иногда предшествующие или последующие основному землетрясению.

*Изосейста* - Кривая образованная совокупностью точек земной поверхности с равными гипоцентрными расстояниями имеющими одинаковые значения.

*Неоцутимые землетрясения* – Землетрясения, происходящие от динамических нагрузок, природой которых являются технологические процессы при производстве различного рода строительных и буровзрывных

работ, а так же воздействия от передвижения большегрузных транспортных средств.

*Просадка* – Сложный физико-химический процесс, основным его проявлением является уплотнение грунта за счет перемещения и более компактной укладки отдельных частиц и их агрегатов.

*Просадочность грунтов* – Особенность процесса формирования и существования толщ этих грунтов в результате чего они находятся в недоуплотненном состоянии.

*Недоуплотненность грунтов* – Низкая степень плотности грунтов, характеризующаяся объемной массой скелета.

*Лессовые грунты* – один из видов просадочных грунтов с повышенной структурной прочностью.

*Просадочные грунты* - Грунты, обладающие способностью в напряженном состоянии от собственного веса или внешней нагрузки, при повышении влажности – замачивании давать дополнительные осадки, называемые просадками.

ЮКО – Южно-Казахстанская область;  
ГГЭ – гидрогеологическая экспедиция;  
ГТС – геотехнические системы;  
СНГ – содружество независимых государств;  
СССР – союз советских социалистических республик;  
ПДК – предельно-допустимая концентрация;  
СанПиН – санитарные правила и нормы;  
СНиП – строительные нормы и правила;  
НС – насосная станция;  
АРМ – автоматизированное рабочее место;  
ЛПВ – лимитирующий показатель вредности;  
СПАВ – синтетические поверхностные активные вещества;  
ЛПК – лимитирующий показатель качества;  
РЧВ – резервуар чистой воды;  
УГВ – уровень грунтовых вод;  
КПР – коэффициент полезной работы;  
САУ – система автоматизированного управления;  
ЧДД – чистый дисконтированный доход;  
ВС - водоотводящие системы;  
СВД – скважина вертикального дренажа;  
ТОО – товарищество с ограниченной ответственностью;  
МГСУ – Московский государственный строительный университет;  
ЮКГУ – Южно-Казахстанский государственный университет им. М.  
Ауэзова;  
КИПУДН – Казахстанский инженерно-педагогический университет  
Дружбы народов.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы диссертации.** В государственной программе "Акбулак", рассчитанной на 2011-2020 годы, которая утверждена Постановлением Правительства Республики Казахстан от 24 мая 2011 года № 570 одной из основных целей является «...внедрение системного подхода при строительстве новых объектов водоснабжения и водоотведения и реконструкции действующих». Известно, что строительство новых подземных инженерных сооружений требует переустройства подводящих коммуникаций, что в свою очередь обуславливается высоким объемом финансовых затрат. Поэтому сейчас на первое место выходит проблема исследования степени эксплуатационной надежности работы инженерных сооружений существующей системы водоснабжения. Особенно тогда когда подземные инженерные системы расположены в слабых водонасыщенных грунтах, как в г. Шымкент. Здесь местные грунты особо подвержены просадкам под воздействием инфильтрационных процессов, за счет подъема грунтовых вод в паводковый период, а так же находятся под воздействием динамических нагрузок.

**Тема диссертации** связана с государственной программой по повышению надежности инженерных систем в Южно-Казахстанской области в части темы «Мониторинг надежности систем водоснабжения г.Шымкент», утвержденной в 2007 году.

**Цель и задачи исследования:** является разработка рекомендаций по повышению эксплуатационной надежности резервуаров чистой воды (РЧВ).

Для достижения цели решались следующие задачи:

- выявление основных причин и видов отказов РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах;
- исследование фильтрационных и прочностных характеристик грунтов места расположения РЧВ;
- исследование работы скважины вертикального дренажа (СВД) в районе нахождения РЧВ по понижению уровня грунтовых вод (УГВ);



- расчет надежности комплекса РЧВ на площадке №6 в г. Шымкент, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах;

- разработка рекомендаций по новому способу восстановительных работ и повышения эксплуатационной надежности РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах.

**Предмет исследования:** обеспечение эксплуатационной надежности сооружений системы водоподачи, РЧВ, в слабых грунтах под воздействием динамических нагрузок.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

- результаты исследований по определению причин отказов РЧВ, исследований роли СВД по понижению УГВ, фильтрационные и прочностные характеристики грунтов района расположения РЧВ;

- результаты расчетов по определению основных показателей надежности РЧВ эксплуатируемых в слабых водонасыщенных грунтах;

- рекомендаций по новому способу восстановительных работ и повышения эксплуатационной надежности РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах.

**Научная новизна:**

- определены основные факторы, снижающие надежность функционирования РЧВ расположенных в слабых водонасыщенных грунтах;

- получены результаты теоретических и экспериментальных исследований по понижению УГВ, установлено, что скорость естественного повышения УГВ в паводковый период в 1,5-2 раза превышает скорость его искусственного понижения, в районе расположения РЧВ;

- определены фильтрационные и прочностные характеристики грунтов района расположения РЧВ;

- разработан оптимальный способ по повышению эксплуатационной надежности РЧВ, в условиях слабых водонасыщенных грунтов, основанный на использовании новых материалов, применяемых впервые в системе водоснабжения Казахстана;

- предложен технический регламент эксплуатации РЧВ для ТОО «Водные ресурсы и маркетинг» в г. Шымкент, который рекомендован и для всех систем водоснабжения и водоотведения РК.

#### **Практическая значимость полученных результатов.**

- по рекомендациям, предложенным в диссертации, осуществлены восстановительные работы в трех РЧВ общим объемом 15 тыс. м<sup>3</sup>, для ТОО «Водные ресурсы и маркетинг» в г. Шымкент, с использованием наиболее прогрессивных строительных материалов;
- разработан технический регламент эксплуатации резервуаров чистой воды для ТОО «Водные ресурсы и маркетинг» в г. Шымкент.
- результаты исследований внедрены в учебный процесс в КИПУДН и ЮКГУ им. М.Ауэзова при подготовке учебно-методического комплекса по дисциплине «Инженерные сети и сооружения».

**Методика исследований.** В основу методики исследований положены системный анализ и матстатистика, мониторинг состояния работы инженерных сооружений и коммуникаций системы водоснабжения населенного пункта, физико-механических свойств слабых водонасыщенных грунтов.

**Экономическая значимость полученных результатов.** Результаты исследований позволяют получить экономический эффект около 18 млн. тенге, от использования нового способа восстановительных работ. Срок окупаемости составляет 2,8 года при нормативном сроке 10 лет, резкого уменьшения потерь воды в РЧВ.

**Апробации результатов диссертации.** Результаты работы докладывались и обсуждались на международных научно-практических конференциях: «Приоритетные направления развития науки и образования: Будущее и стратегия», посвященной 70-летию президента КУДН академика А.М. Куатбекова (Шымкент: КУДН, 2012г.); «Актуальные вопросы качественного развития образования, воспитания и подготовки профессиональных кадров» (Шымкент: КУДН, 2013г.); Ауэзовские чтения

12. «Роль регионального университета в развитии инновационных направлений науки, образования и культуры» (Шымкент, 2014г.); «Теория, история и практика архитектуры и строительства в условиях горного Кыргызстана (Бишкек: КРСУ, 2013г.), а также ежегодных республиканских и региональных научно-практических конференциях КУДН (Шымкент 2010-2013г.г.).

**Личный вклад соискателя** заключается:

- в выявлении основных факторов, влияющих на надежность функционирования РЧВ в условиях эксплуатации в слабых водонасыщенных грунтах, роль СВД по понижению УГВ, установлении фильтрационных и прочностных характеристик слабых водонасыщенных грунтов района расположения РЧВ;
- в разработке нового способа восстановительных работ по повышению надежности РЧВ, эксплуатируемых в слабых грунтах, с применением прогрессивных материалов;
- в адаптации методики расчета, по определению основных показателей надежности РЧВ, эксплуатируемых на слабых водонасыщенных грунтах;
- разработке технического регламента эксплуатации РЧВ, рекомендованного ТОО «Водные ресурсы-Маркетинг» в г. Шымкент.
- в оптимизации расположений водопонижающих скважин вертикального дренажа и внедрения результатов исследований.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав с выводами по каждой главе, общих выводов, списка использованных источников из 104 наименований. Она изложена на 118 страницах компьютерного текста, включает 21 рис., 16 табл. и приложения.

**Публикации.** Всего имеется 19 научных публикаций, а по теме диссертационной работы опубликовано 10 статей, в том числе 6 статей в научных изданиях, рекомендованных согласно требований «Порядка присуждения ученых степеней».

# ГЛАВА 1.

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО НАДЕЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ИХ СООРУЖЕНИЙ

### 1.1 Анализ ранее проведенных исследований по надежности элементов сооружений систем водоснабжения в районах, подверженных частным землетрясениям

В условиях, когда подземные инженерные системы массового обслуживания (водопроводы, канализация, теплосети, газопроводы) расположены в слабых грунтах, особую актуальность приобретают вопросы надежности их функционирования под воздействием неощутимых землетрясений.

Известно, что динамические воздействия неощутимых землетрясений на подземные коммуникации передаются через грунт. Динамические параметры колебаний грунта зависят от его физико-механических свойств. Поэтому особенно актуальны исследования особенностей колебаний слабых грунтов под воздействием неощутимых землетрясений.

Как известно, г. Шымкент находится в сейсмоактивной зоне, и он расположен на слабых грунтах, где местами уровень грунтовых вод находится очень близко от поверхности земли. Данные факторы являются потенциальными источниками чрезвычайных ситуаций.

Дополнительные напряжения в элементах подземных и полуподземных сооружений инженерных коммуникаций могут быть обусловлены и деформациями грунта от воздействий неощутимых землетрясений.

Исходя из этого, нами приведен анализ результатов ранее проведенных исследований особенностей воздействий колебаний грунта от

неощутимых землетрясений на подземные сооружения системы водоснабжения.

Американский ученый Д.М. Чак, утверждает, что убийственными факторами разрушения зданий и сооружений так же могут служить и слабая плотность почвы в районе их возведения. Доказательством правильности этого утверждения явились последствия землетрясений 1988 года в г.Спитак (Армения), а так же на Гаити, где стали жертвами трагедии более 230 тысяч человек.

Город Шымкент, как известно, расположен на слабых водонасыщенных грунтах, что предполагает высокую опасность для сооружений города в случае землетрясений.

Японские специалисты [21.22] дают весьма полную информацию о повреждениях различных сооружений, в том числе и элементов систем водоснабжения на основе анализа последствий сильных землетрясений, имевших место в Токио (с эпицентром Канто, 1923). По их выводам, наибольшие повреждения наблюдались в сооружениях, расположенных в слабых и неоднородных грунтах. Более благоприятны для возведения сооружений плотные грунты, чем мягкие. Однако однородный мягкий грунт сравнительно более благоприятен, чем грунты с чередованием плотных и мягких грунтов. Второе, в данном случае, приводит к колебанию грунта в некоторых местах, что является причиной больших повреждений, особенно систем водоснабжения. Серьезные повреждения наблюдались в инженерных коммуникациях, проложенных в слабых водонасыщенных грунтах (в насыпях из растительного грунта, торфяниках, на болотистом основании и т.д.), на границах неоднородных грунтов. Повреждения, в основном, проявлялись в водонасыщенных грунтах, а при высоком уровне грунтовых вод в песчаных..

Расчет и проектирование любого сооружения и элементов инженерных коммуникаций, возводимых в районах подверженных землетрясениям, начинается с определения расчетной балльности. Как

известно, магнитуда землетрясения оценивается, согласно международной системе сейсмичности, по 12-ти балльной шкале. Балльность района строительства определяется на основании СНиП П-А, 12-69 [17], материалы сооружений, используемые при строительстве элементов системы водоснабжения, в соответствии со СНиП 2. 04. 03 - 85 [1].

Как показали многочисленные обследования последствий сильных, разрушительных землетрясений и соответствующий анализ инструментальных данных, степень воздействия землетрясений на грунт зависит от инженерно-геологических условий земли. Решающую роль при этом играет характер рельефа, литологический состав пород и степень обводненности грунта.

Проведенные [3,21-27] макросейсмические обследования и анализ последствий землетрясений позволили установить степень влияния грунтовых условий на приращение сейсмичности, а так же установить их различие. Авторами [25] были исследованы сейсмоденудационные остаточные деформации в лессовых грунтах без преимущественного влияния гравитационных процессов, здесь результатом нарушения прочностных связей в лессовых грунтах явились остаточные деформации. Как известно, город Шымкент расположен именно на таких грунтах.

Особое внимание, учитывая характер грунтов гг. Душанбе и Ташкента, заслуживают результаты макросейсмических обследований [36.19], проведенных на данных территориях. Сейсмические воздействия вызывают в определенных условиях, развитие просадочных деформаций грунтов. Это зависит от характера увлажнения грунтов и степени проявления их просадочных свойств. Землетрясение [14,26] обуславливается за счет ускорения распространения сейсмических волн. Значения ускорения распространения сейсмических волн [23], пропорциональны удаленности от эпицентра, что зависит от акустической жесткости грунтов. Здесь подвергаются наибольшему колебательному состоянию пласты у

поверхности земли. Это утверждение подтверждено исследованиями [3,8] Хантского и Ташкентского землетрясений, произошедших 10 июля 1949г и 26 апреля 1966г соответственно.

Анализ материалов о последствиях, происшедших ранее сильных землетрясениях показал, что в них слабо затронуты вопросы влияния землетрясений на подземные инженерные сооружения сетей водоснабжения. Поэтому большую ценность для сейсмостойкого строительства представляют результаты поведения элементов подземных инженерных коммуникаций и сооружений как при сильных, разрушительных землетрясениях, так и при слабых и неощутимых.

Так же обследования возведенных здесь на просадочных грунтах зданий, помогли установить, что после сейсмического воздействия в ряде случаев произошло неравномерное развитие просадочных деформаций. Подобно воздействию землетрясения, на просадочные деформации грунтов оказывают влияние и такие факторы как наличие подземных и поверхностных вод, особенности климатических условий, последствия инженерной деятельности человека. Это последствия аварий элементов инженерных коммуникаций и сооружений, сетей водо и теплоснабжения, ирригации [28], что приводит к замачиванию грунтов, вызывающих как правило просадочные явления в грунтах [3]. Здесь анализ повреждений и аварий подземных инженерных коммуникаций в целом и в частности сетей водоснабжения от сейсмических воздействий представляет большой интерес. Он позволяет: выявить характер повреждения, определить степень их надежности, разработать рекомендации по дальнейшему совершенствованию их проектирования и строительства в сейсмически опасных зонах, независимо от балльности. При этом он поможет решать проблемы сейсмостойкости сетей водоснабжения, выработать критерии их запаса прочности при проектировании.

Вышеуказанные обстоятельства являются достаточным основанием для необходимости детального исследования проблем сейсмических

воздействий неощутимых и слабых землетрясений на элементы подземных инженерных коммуникации, в особенности сетей водоснабжения, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах.

Разработанная профессором Т.Р. Рашидовым динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений [18] показывает, что основными параметрами, определяющими напряженное состояние подземных сооружений при сейсмических или иных динамических воздействиях, являются коэффициенты взаимодействия этих сооружений с окружающим их грунтом. Данный коэффициент зависит от глубины заложения фундаментов и особенностей грунтовых условий [3], т.е. чем глубже расположено сооружение, тем меньше напряжения от сейсмических воздействий оно испытывает, а с уменьшением плотности грунта напряжение как правило увеличивается.

Воздействия сейсмических усилий, возникающих на границах сооружение-грунт [16], показывают, что в результате сейсмического толчка возникают колебания непосредственно в элементах инженерных коммуникаций. Это вызвано тем, что сооружение, связанное с грунтом, вовлекается в колебательный процесс как целый комплекс, при этом сейсмическая волна, имеющая большую скорость распространения в сооружении, чем в грунте, достигает участков, еще не вовлеченных в колебательный процесс, и генератором при этом является само сооружение, а грунт - демпфером. В соответствии с этим в грунтовой среде от сейсмического воздействия соответственно возникают различные усилия, приводящие к образованию аварийных ситуаций.

Исследования [3,32,33], проведенные в области сейсмостойкости инженерных сетей и причин возникновения усилий на границе сооружение-грунт [3,22,23] адекватны с исследованиями, выполненными в области надежности систем подачи и распределения воды, а также сетей водоснабжения.

Следует отметить, что в проведенных исследованиях влияние



неощутимых (слабых) землетрясений на работу инженерных сооружений и сетей водоснабжения не рассматривалось вообще. Только А.Д. Сабитов [20], рассмотрел влияние неощутимых землетрясений на водопроводные сети, расположенные в районах повышенной сейсмичности, где был сделан более детальный анализ аварийности данных сооружений и сетей.

10 мая 1971 года в 20 час 52 мин местного времени вблизи г. Тараз произошло землетрясение. Его магнитуда, на основании выводов сейсмической станции «Ташкент», составила  $M = 5\frac{1}{2}$ , глубина очага 15-25 км. Интенсивность землетрясения на поверхности достигла 7-8 баллов и сопровождалось сильным подземным гулом. После основного толчка последовал еще ряд менее ощутимых. Изосеймы землетрясения имеют очертания близкие к круговым и постепенно уменьшаются до 4-3 баллов.

Вышеназванные сведения о прошедших катастрофических землетрясениях и новейших тектонических движениях, а так же данные о расположении эпицентров сильных и слабых землетрясениях характеризуют территорию Южного региона республики как сейсмическую. И поэтому важную роль при проектировании подземных и полуподземных инженерных сооружений систем водоснабжения играет учет сейсмической опасности т.

В 1964 г. в отчетах по последствиям землетрясений в г. Ниигата (Япония) отмечено, что большинство труб диаметром до 100 мм были повреждены, при этом трубы из асбоцемента малых диаметров ломались, а чугунные и асбоцементные трубы большого диаметра выдерживали соответствующую нагрузку.

Последствием данного землетрясения явилось разрушительное повреждение абсолютного большинства элементов системы водоснабжения и их подземных и полуподземных сооружений. Выявлено [25.26], что серьезные повреждения, в результате осадки получили более тяжелые сооружения, а легкие, видимо за счет близости грунтовых вод всплыли. Так же определено, что круглые в плане сооружения более стойкие, а квадратные

менее. Как известно объектом нашего исследования являются именно прямоугольные в плане резервуары чистой воды.

Ущерб от землетрясения 26 апреля 1978 г. на острове Гавайи (США) составил 6 миллионов долларов, в основном из-за повреждения мостов, автодорог, систем водоснабжения, линий электропередач и связи.

Причиной такого большого объема разрушения подземных коммуникаций являлось в основном наличие слабых грунтов [26].

Последствием землетрясения 9 февраля 1971 г. в г. Сан - Фернандо (США) явились значительные повреждения ряда подземных инженерных сооружений (трубопроводы, резервуары и т.п.). При этом степень разрушения резервуаров была различной: от повреждения отдельных узлов и элементов конструкции до полного разрушения сооружений. Наиболее характерные из них: повреждения в местах сопряжения (монтажные стыки) днища и покрытия с колоннами и стенами, участков стен в прямоугольных резервуарах. В цилиндрических железобетонных резервуарах происходило отслаивание защитного слоя из торкретбетона. Большая часть резервуаров восстановлению не подлежала [24,34,37].

Аналогичные разрушения были и в результате Ашхабадского землетрясения, силой 9 - баллов (1948г.) [13,25,26]. Следует отметить, что в цилиндрических сооружениях серьезные трещины появились только в стенах и местах соединений подземной части сооружения для запорной арматуры трубопроводов.

Анализ проведенных исследований разными авторами по итогам известных землетрясений показывает, что в основном проводился глубокий анализ характерных разрушений наземных зданий и сооружений, при этом нет анализа характерных разрушений подземных сооружений, таких как цилиндрические и прямоугольные резервуары для хранения различных жидкостей. Настоящие исследования дополняют материал, который частично или косвенно рассматривался в вышеназванных трудах.

Поэтому в расчет брались такие факторы как влияние обводненности грунтов на их просадочность и возможные характерные разрушения, которые могут проявиться в подземных или полуподземных инженерных сооружениях, за счет инфильтрационных процессов и естественной водонасыщаемости при повышении уровня грунтовых вод и результатов инженерной деятельности, при дополнительных динамических нагрузках от неощутимых слабых землетрясений.

Думается, что процесс исследования аналогичных сооружений, при разного рода землетрясениях, их влияние на надежность строительных конструкций подземных и полуподземных инженерных сооружений, расположенных в водонасыщенных слабых грунтах найдет свое продолжение в исследованиях других авторов и исследователей.

Актуальность данных исследований обусловлена еще и тем, что впервые вводится такое понятие как «неощутимые землетрясения», которые являются причинами растущих объемов разрушений существующих подземных и полуподземных инженерных сооружений входящих в систему водоснабжения густонаселенных городских территорий. Как известно все крупные объекты строительства обычно сопровождаются буровзрывными работами, мероприятиями по предварительной осадке и уплотнения оснований и котлованов строящихся зданий и т.п, которые так же являются причинами разрушений подземных резервуаров систем водоснабжения.

Так же это обусловлено и тем, что аналогичные объекты типа исследуемого нами, расположены вблизи железнодорожных и автомобильных трактов перегруженных работой большегрузных самосвалов и другой техники.

Вопрос прогнозирования возможных разрушений аналогичных подземных и полуподземных сооружений системы водоснабжения при воздействии вышеназванных факторов, становится актуальным еще и потому что новое строительство таких сооружений очень материалоемко и дорогостояще, так как требует передислокацию существующих

коммуникаций, что влечет дополнительные значительные капитальные вложения.

Эти исследования актуальны для предупреждения отказов таких систем и прогнозирования плановых предупредительно-профилактических работ для увеличения вероятности бесперебойной работы (надежности) систем жизнеобеспечения крупных населенных пунктов расположенных на слабых водонасыщенных грунтах, на коих и расположен г.Шымкент.

## **1.2 Гидрогеологические и климатические условия района эксплуатации систем водоснабжения**

Исследуемые инженерные коммуникации, а именно система водоснабжения с подземными и полуподземными сооружениями, расположена в Южно-Казахстанской области Республики Казахстан на территории границ областного центра города Шымкент. Город расположен в притоках рек Арысь, Бадам и Кошкарата на высоте 506м над уровнем моря. Численность населения с пригородом составляет около 1 млн. человек. Суточное водопотребление населения составляет в среднем около 100 тыс. м<sup>3</sup>/сутки [49].

Климат исследуемого района – резко континентальный, с среднеснежной зимой и жарким сухим летом. Особенностью является обилие солнечного света и тепла – число часов солнечного сияния составляет в среднем 2800-2900 за год, суммарный приток солнечной радиации 160-165 ккал/см<sup>2</sup> (6,5-6,7 ГДж/м<sup>2</sup>). Среднегодовая температура воздуха + 14,1<sup>0</sup>С, продолжительность безморозного периода достигает 240 суток. Число дней с температурой выше 10<sup>0</sup>С колеблется от 170 до 200, а сумма активных температур превышает 4000<sup>0</sup>С. Устойчивая летняя среднемесячная температура превышает +25,0<sup>0</sup>С, в отдельные периоды она может достигать +40<sup>0</sup>С. Количество годовых осадков, большую часть которых определяют зимние и весенние, изменяется от 157 до 468 мм. В среднем за последние 12 лет осадки составили 296,3 мм, относительная влажность воздуха составляет

84%. Метеорологические условия района исследования за последние годы приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Метеоусловия района исследования

Год	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	За год
Атмосферные осадки, мм													
2001	56,1	8,8	22,5	67,8	14,1	0	0,4	0	0,3	55,4	11,6	53,8	330,8
2002	65,8	20,7	54,4	18,9	58,4	5,2	0,6	0	0,4	2,2	25,4	125,1	380,0
2003	38,7	37,1	24,3	45,9	31,7	6,0	0	1,2	3,7	22,1	7,8	60,4	307,0
2004	7,3	108,1	67,8	66,2	55,5	27,0	2,2	2,3	0	19,6	66,5	45,8	468,3
2005	45,2	41,2	24,8	34,0	9,3	4,6	0	0	6,7	0,4	59,7	81,7	306,8
2006	31,9	22,0	35,7	13,5	19,4	0,9	0	0	0	13,5	0	17,3	157,2
2007	10,6	59,3	70,0	24,7	0,8	3,5	3,8	0	22,3	7,1	4,9	10,3	217,3
2008	66,8	22,3	33,3	23,3	32,7	5,3	0	0	0	0,9	28,2	23,3	236,1
2009	58,2	84,6	67,4	76,4	19,6	10,3	7,3	7,0	2,0	18,6	21,6	25,8	398,8
2010	48,2	69,2	41,0	18,1	28,7	3,3	6,4	0,6	6,5	5,2	54,5	4,1	252,8

Влажность воздуха, %

2001	87	85	68	71	53	46	50	51	52	62	76	81
2002	88	76	78	62	57	48	48	51	51	55	82	87
2003	82	76	71	66	63	47	47	57	62	63	65	79
2004	79	85	78	67	69	54	46	53	53	61	84	84
2005	82	79	71	59	53	43	42	48	54	57	76	78
2006	81	78	74	59	45	41	44	47	53	66	72	77
2007	77	79	74	60	44	41	43	45	54	58	74	68
2008	83	75	72	70	60	43	40	45	48	56	74	80
2009	88	82	79	67	61	47	46	55	54	64	69	83
2010	84	80	71	64	50	40	53	47	55	61	81	85

Температура воздуха, °С

2001	-1,7	3,5	9,0	15,1	22,1	28,4	27,4	24,2	20,4	12,9	8,1	0,9
2002	-2,8	2,8	7,4	16,8	20,1	25,6	28,2	25,5	20,0	14,0	6,3	ЗД
2003	+2,1	5,3	6,7	16,0	17,9	25,4	27,4	25,7	18,4	12,2	8,7	4,5
2004	0,1	3,0	7,3	14,8	18,8	26,0	28,0	24,5	19,5	11,4	3,3	0,0
2005	-0,2	-2,3	8,9	13,0	22,0	27,9	27,8	26,0	17,5	13,8	10,3	2,1
2006	-0,4	3,8	8,0	15,8	21,6	26,8	28,3	26,0	20,0	12,4	9,0	0,1
2007	-3,3	-0,6	6,1	13,3	21,0	26,4	27,6	24,7	20,7	12,9	4,2	3,6
2008	1,8	1,0	9,1	17,1	20,8	28,0	29,0	25,5	20,1	16,8	4,0	1,1
2009	0,3	-0,7	6,9	16,8	20,0	26,7	29,0	26,0	20,9	13,0	7,2	1,6

2010	1,5	7,3	7,0	14,2	22,3	26,2	27,2	27,6	20,7	15,1	5,9	2,1
------	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----

Источник: Данные Южно-Казахстанской метеорологической обсерватории

Сейсмичность района расположения исследуемых объектов составляет 8 баллов по шкале Рихтера.

Гидрогеологические условия характеризуются следующим образом.

Рассматриваемая зона относится к Арысскому артезианскому бассейну. Водоносные комплексы, слагающие его, относятся к трем гидрогеологическим этажам. Верхний этаж представлен обводненными породами четвертичных отложений, средний плиоценовых, палеогеновых и верхнемеловых отложений и нижний - породами палеозоя.

Для оценки гидрогеологического состояния представляет интерес верхний гидрогеологический этаж, который связан с аллювиально-пролювиальными образованиями р. Арысь. В этом верхнем этаже в свою очередь, развиты два водоносных горизонта, разделенных местным водоупором мощностью 12-26 м:

- водоносный горизонт верхнечетвертичных отложений
- водоносный горизонт нерасчлененных нижне-среднечетвертичных отложений

Водовмещающими породами первого водоносного горизонта являются верхнечетвертичные отложения общей мощностью 42-97 м., представленные в разрезе двумя слоями: супесчано-суглинистым "мощностью 23-42 м. и песчаным с линзами и прослоями связных грунтов (супесей, суглинков и глин). Между водами этих двух слоев, под влиянием орошения и дренажа, происходит активный вертикальный водообмен, что способствует весьма динамическому изменению минерализации в течение года.

Коэффициент фильтрации суглинков 0,1-0,3 м/сут, супесей - 0,3-0,5 м/сут, песков - от 9,3 до 10,7 м/сут.

Фильтрационные свойства песчаных пластов верхнечетвертичного возраста характеризуются величиной водопроницаемости от 300 до 700

м<sup>2</sup>/сут, а на преобладающей площади 500-700 м<sup>2</sup>/сут. Фильтры существующих скважин были установлены в песчаных слоях этого горизонта. Производительность существующих скважин изменялась в пределах 40-70л/с.

Водоносный горизонт ниже-среднечетвертичных отложений залегает на глубине 52-215м от поверхности земли. Водовмещающими породами являются разнородные пески с прослоями связных грунтов. Питание происходит за счет подземного потока со стороны рек Сайрамсу и Аксу. Поток подземных вод горизонта имеет северо-западное направление с разгрузкой в пойму реки Бадам, особенно в период его ежегодной сработки.

Горизонт содержит напорные воды от пресных (0,48г/л) до сильносоленых (7,33 г/л), преимущественно слабосоленые (1-3г/л). Водопроницаемость песчаных пластов ниже-среднечетвертичных горизонта изменяется по площади от 130 до 650 м<sup>2</sup>/сут, а на основной площади - 250-500 м<sup>2</sup>/сут.

Как показали результаты исследования, по классификации грунтов в разрезе выделено два инженерно-геологических элемента:

первый – суглинок лессовидный, светло-коричневый, макропористый, твердый, запесоченный, просадочный, тип грунтовых условий по прасадочности – первый, начальное просадочное давление – 111кПа, со следующими физическими, прочностными и деформационными свойствами: плотность твердых частиц – 2,7/см<sup>3</sup>, плотность 1,69 г/см<sup>3</sup>, плотность в сухом состоянии – 1,45г/см<sup>3</sup>, влажность природная – 9,8-18,7%, степень влажности – 0,31-0,59, коэффициент пористости – 0,86, влажность на границе раскатывания – 18,9%, число пластичности – 72%, показатель текучести - <0, коэффициент фильтрации – 0,23 м/сут., удельный вес – 18,6 кН/м<sup>3</sup>, угол внутреннего трения – 21 град., сцепление – 5кПа, модуль деформации при водонасыщенном состоянии - 4,0МПа, мощность слоя – 10,9-11,3 м;

второй – галечниковый грунт с супесчаным заполнителем до 35%, со следующими физическими, прочностными и деформационными свойствами:

плотность – 2,21 г/см<sup>3</sup>, удельный вес – 22,1 кН/м<sup>3</sup>, модуль деформации при водонасыщенном состоянии – 36,3 мПа, мощность вскрытого слоя – 10,9-11,3 м.

С поверхности земли на площадке распространен почвенно-растительный слой из суглинка слабогумусированного, мощностью 0,2 м.

Грунты не засолены. Нормативная глубина промерзания грунтов для суглинка – 34 см.

Грунты по содержанию водорастворимых сульфатов (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>=400 мг/кг) для бетона марки по водонепроницаемости W4 на портландцементе по ГОСТ 10178-85 являются неагрессивными. По содержанию водорастворимых хлоридов в пересчете на ионы CL (CL=155 мг/кг) грунты неагрессивные для железобетонных конструкций.

Подземные воды в период изыскания (сентябрь 2010 г.) до глубины пройденных выработок не вскрыты.

Категория грунтов по сейсмическим свойствам – вторая [49].

В районе расположения города Шымкент на поверхности земли преобладают покровные лессовидные грунты переменной мощности в размере от 1-2 до 20 -35 м и более. В пониженной части города лессовидная толща имеет смесь с гравийно-галечниковыми грунтами, в остальной части отложения палеогена, представленного глинами, прослоями песков, конгломератами, песчаниками. Грунты лессовой толщи в верхней части глубины до 25 м обладают просадочными свойствами первой степени; они высокопористые, маловлажные, твердой консистенции, преимущественно палевого цвета. На глубинах 15-20 м как правило залегают низкопористые, непросадочные твердые лессовые суглинки, ореховато-комковатой структуры. Уровень подземных вод обычно служит границей расположения просадочных и непросадочных грунтов общей лессовой толщи. Уровень грунтовых вод в связи с растущим подтоплением территории города чаще всего залегает в пределах просадочного горизонта, а в ряде мест находится близко к поверхности земли. Обычно в пределах просадочного горизонта



встречаются слои, прослои и линзы непросадочного, низкопористого грунта мощностью от 1 до 5 м, ореховато-комковатой структуры. Здесь просадочные свойства грунтов проявляются при водонасыщении. В зависимости от возможности проявления просадки грунтов от собственной массы, они подразделяются на I и II тип грунтовых условий по просадочности.

Обычно, I тип грунтовых условий чаще встречается на участках с мощностью не более 10м просадочного горизонта, II тип грунтовых условий характерен для возвышенных участков мощностью просадочной толщи в пределах 12-25м, однако аналогичная закономерность не является постоянной. Не проявляют склонности к просадке от собственной массы грунты на пологих склонах и в балках, иногда при большой мощности высокопористых, твердых, маловажных грунтов. На участках II типа грунтовых условий величина просадки грунтов от собственной массы может изменяться в пределах от 5 до 100 см - по лабораторным данным, и - от 30 до 80 см по данным замачивания в производственных и опытных котлованах. Геологический разрез района исследования приведен на рисунке 1.1.

Для г. Шымкента наиболее распространенными типичными обобщенными геологическими профилями считаются 6 характерных типов.

На возвышенных участках вокруг старого города, с севера, северо-востока, с запада, а также на возвышающихся увалах по ул. Толе-би и на участке "Крепость" (пр.Кабанбай Батыра), на левобережье р.Бадам распространен первый тип геологического разреза, где он неравномерно чередуется со вторым типом геологического разреза. Здесь характерна большая (18-25м) мощность лессовидных высокопористых грунтов, которая характеризуется наличием в толще линз и прослоев грунтов плотных, непросадочных структур. Просадочная толща как правило подстилается горизонтом непросадочных лессовидных грунтов комковатой структуры и палеоген-неогеновыми глинами. Возможная величина просадки от

собственной массы при замачивании 0,5 - 1,8 м для грунтов II типа грунтовых условий по просадочности [49].

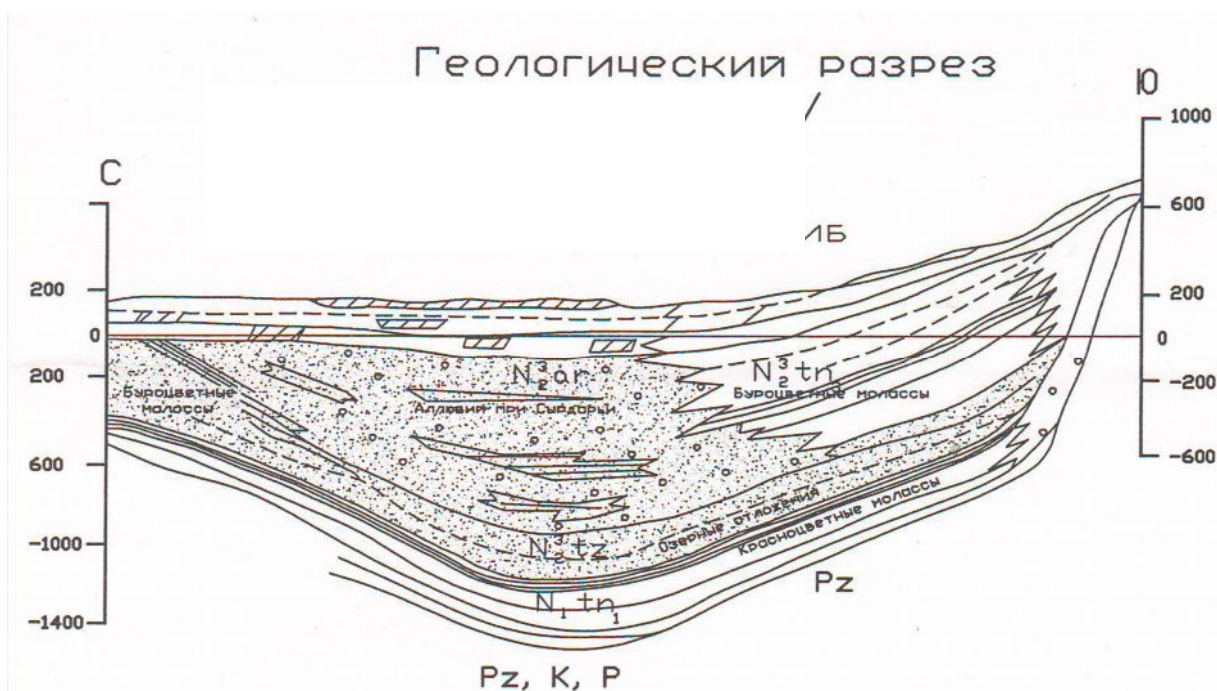


Рис. 1.1. Геологический разрез района исследования

Условные обозначения

Q	Четвертичные отложения
$N_2^{ar}$	Арысская свита верхнего полиоцена
$N_2^{tz}$	Тогузская свита верхнего полиоцена
$N_2^{tn_3}$	Верхнетяньшанская серия верхнего полиогена

Отличием второго типа геологического разреза от первого является, то что эти грунты просадочной толщи не дают просадку от собственной массы при условии замачивания.

В центральной и южной частях города (район Шымкентского ПО "Станкопром", МЖК) преимущественно распространен третий тип геологического разреза. Мощность лессовой толщи от 20 до 35 м, нижняя часть обводнена. Уровень грунтовых вод (УГВ) залегает на глубине 5-12 м, реже более глубоко. Ниже лессовой толщи обычно располагается галечниковые грунты, местами палеогеновые глины или пески. Просадочные

свойства грунтов данного типа грунтовых условий по просадочности, зависят от УГВ.

В юго-восточной части города (район цемзавода, асбошиферного комбината) распространен четвертый тип геологического разреза. Здесь до глубины 8-14 м залегают лессовидные пористые твердые просадочные суглинки и супеси. Тип грунтовых условий по просадочности-1, под лессовой толщей располагаются необводненные галечниковые грунты.

На территории старой северной части города отдельными локальными участками распространен пятый тип геологического разреза. Мощность покровных лессовидных грунтов составляет от 1-2 до 3-5 м, обычно под ним располагается водоупорные палеоген-неогеновые глины. Тип грунтовых условий по просадочности - I. Во многих случаях такие участки имеют хорошие условия для подтопления за счет различных утечек воды при инженерном освоении территории.

В центральной части города в пределах древней речной долины (район пр. Тауке-Хана) распространен шестой тип геологического разреза. Здесь слабый обводненный лессовидный грунт имеет мощность около 3-4 м на поверхности земли, ниже расположены выдержанные слои галечника, переслаивающиеся суглинками и супесью. При максимальном положении УГВ залегает на глубине 0,5 - 1,5 м от поверхности земли [49].

Как видно из анализа грунтов г. Шымкент подземные и полуподземные инженерные коммуникации и сооружения системы водоснабжения могут быть подвержены механическим воздействиям от просадки грунтов в результате водонасыщения и просадки грунтов от собственной массы. А так же под воздействием динамических нагрузок при неощутимых землетрясениях. Поэтому целью настоящих исследований являются определение надежности элементов подземных и полуподземных сооружений системы водоснабжения города Шымкент.

Исследуемый объект находится на пересечении проспектов Кунаева и Т. Рыскулова (рисунок 1.2) и состоит из насосной станции, водовода, камеры

переключений с комплексом задвижек, подводящих и отводящих трубопроводов, резервуаров чистой воды объемами 3000 и 6000 м<sup>3</sup>. Разрез и схема расположения элементов комплекса представлены на рисунках 1.3 и 1.4.

Следует отметить, что до настоящего времени проблемами надежности системы водоснабжения занимались преимущественно для водопроводных трубопроводов и их соединений. Область математического моделирования обеспечения надежности непосредственно элементов подземных и полуподземных сооружений водообеспечения осталась менее исследованной.

Актуальность данных исследований важна тем более, что в условиях слабых водонасыщенных грунтов имели место отказы РЧВ из-за появившихся трещин в стенах и днищах от воздействия естественных просадок грунтов а так же под воздействием динамических нагрузок от постоянных неощутимых землетрясений.

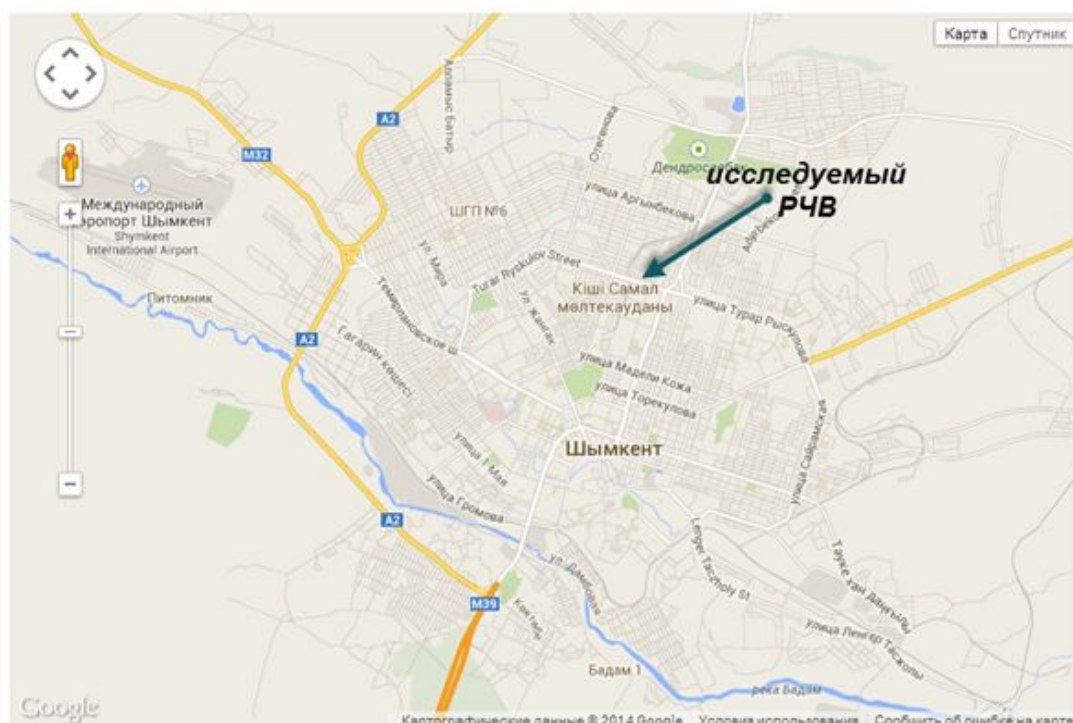


Рис. 1.2. Схема месторасположения резервуара чистой воды в городе Шымкент

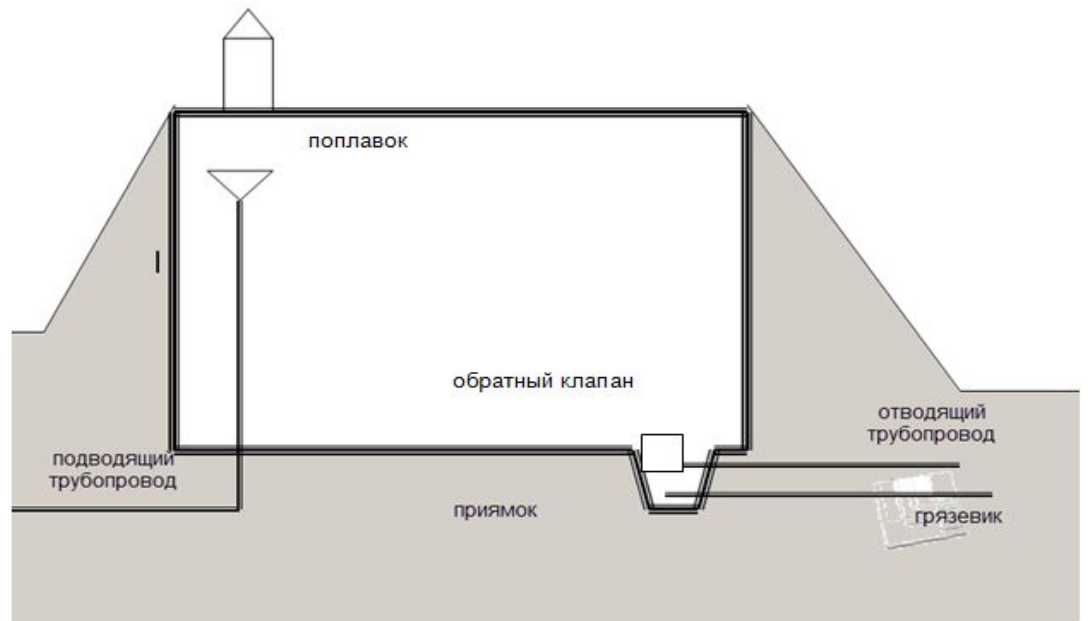


Рис. 1.3. Условный разрез резервуара чистой воды

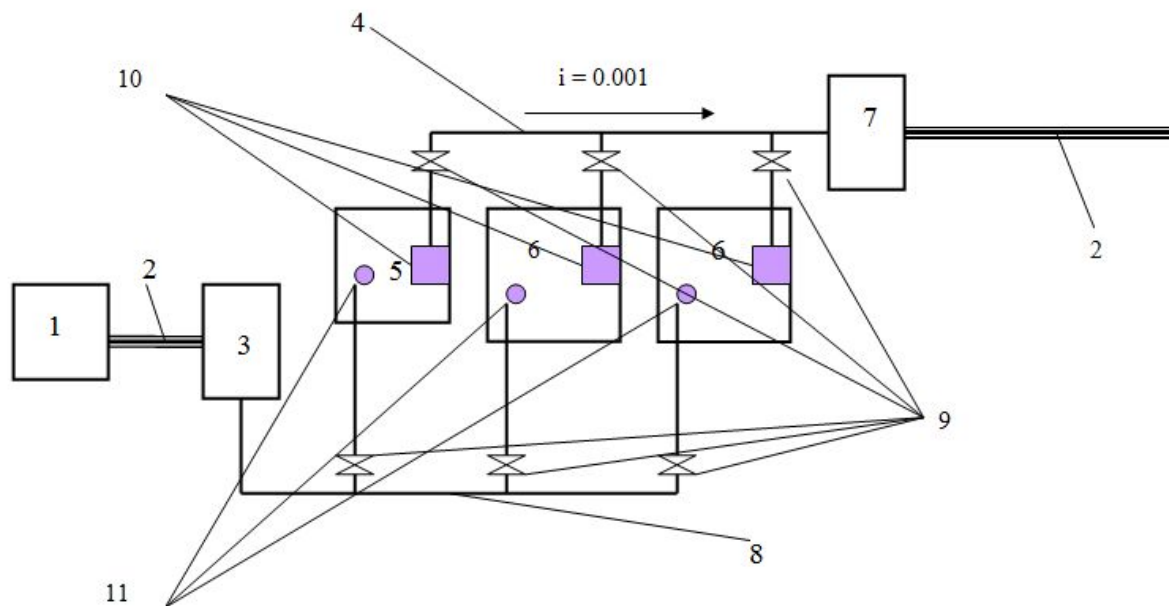


Рис. 1.4. Схема расположения комплекса резервуаров чистой воды

1 – насосная станция; 2 – водовод; 3 – камера переключений; 4 – отводящие трубопроводы; 5 – резервуар чистой воды объемом  $3000 \text{ м}^3$ ; 6 – резервуар чистой воды объемом  $6000 \text{ м}^3$ ; 7 – камера переключений; 8 – подводящие трубопроводы; 9 – задвижки; 10 – обратный клапан; 11 – поплавок.

Патентный поиск по проблеме надежности РЧВ показал, что основными элементами исследований системы водоснабжения, проведенные учеными Российской Федерации и стран СНГ, были линейные (трубопроводные) системы транспортировки воды.

Поиск так же показал, что исследования надежности систем водоснабжения и водоотведения проведенные Сабитовым А.Д. [20], Приминим О.Г., Наурызбаевым Е.М [9,10,12] в основном касались проблем трубопроводной части системы водоснабжения и водоотведения в условиях сейсмичности и эксплуатационной надежности.

До сих пор эксплуатационной надежностью РЧВ в условиях слабых грунтов и от воздействия неощутимых землетрясений никто не занимался, хотя ущерб от отказов РЧВ исчисляется сотнями миллионов тенге.

## **Выводы**

1. На основании анализа ранее проведенных исследований определено, что вопросы обеспечения эксплуатационной надежности подземных сооружений системы водоснабжения, работающих в слабых водонасыщенных грунтах с учетом воздействия динамических нагрузок, практически не исследованы.

2. Патентный поиск по проблеме надежности РЧВ показал, что основными элементами исследований системы водоснабжения, проведенные учеными Российской Федерации и стран СНГ, были линейные (трубопроводные) системы транспортировки воды. Эксплуатационной надежностью РЧВ в условиях слабых грунтов с учетом воздействия динамических нагрузок до сих пор никто не занимался, хотя ущерб от отказов РЧВ исчисляется сотнями миллионов тенге.

3. Район исследования и участок расположения, эксплуатируемого резервуара чистой воды находятся на слабых водонасыщенных грунтах.

Сейсмическая опасность региона составляет 8 баллов по шкале Рихтера, а также район подвержен постоянным динамическим нагрузкам.

4. Целью диссертации определено выявление основных причин и видов отказов РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах и разработка рекомендаций по повышению эксплуатационной надежности.

Для достижения цели диссертации поставлены следующие задачи:

- исследование фильтрационных и прочностных характеристик грунтов места расположения РЧВ;

- исследование работы СВД в районе нахождения РЧВ по понижению УГВ;

- расчет надежности комплекса РЧВ на площадке №6 в г. Шымкент, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах;

- разработка рекомендаций по новому способу восстановительных работ и повышения эксплуатационной надежности РЧВ, расположенных в слабых водонасыщенных грунтах.

## **ГЛАВА 2.**

# **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ РАСПОЛОЖЕННЫХ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ**

### **2.1 Эксплуатационная надежность системы водоснабжения, в условиях Южного Казахстана**

В настоящее время, от надежности и эффективности работы систем водоснабжения зависит уровень жизни и благоустроенности населенных мест, комфортности проживающего там населения, развития промышленного сектора и инфраструктуры города.

Поэтому в соответствии с имеющейся терминологией под надежностью систем водоснабжения необходимо понимать их свойство полноценно выполнять функции качественного водообеспечения потребителей, с сохранением установленных эксплуатационных показателей в пределах, соответствующих определенным требованиям и условиям эксплуатации.

Основной функцией системы водоснабжения, как известно, является обеспечение обслуживаемого объекта (города, промышленного предприятия) качественной водой в требуемых объемах, а также поддержание необходимых напоров в системе распределения воды. Выполнение всех, предъявленных системе водоснабжения требований обеспечивает соответствующий уровень качества ее функционирования.

Для решения практических задач оценки и обеспечения надежности систем водоснабжения существует сложившаяся на современном этапе теория и практика определения степени надежности инженерных систем массового обслуживания, к которым относятся, рассматриваемые нами городские водопроводные сети и сооружения.



Фундаментальные исследования в странах СНГ по проблемам надежности систем водоснабжения впервые были проведены проф. Н.Н.Абрамовым и Ю.А.Ильиным [52,53].

Надежность систем водоснабжения является комплексным свойством, которое зависит от объекта обслуживаемого системой и его предназначения, она включает в себя несколько таких единичных свойств, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость и безопасность. Здесь важнейшим свойством, наиболее полно отражающим сущность понятия надежности, является «безотказность», т.е. свойство системы водоснабжения (или ее элемента) непрерывно сохранять работоспособность в течении определенного времени или некоторой наработки.

Для проведения прогнозных расчетов по оценке надежности соответствующих систем и их элементов, в первую очередь необходимо получить сведения об их фактической работе в процессе эксплуатации. При этом, в зависимости от вида элементов, характера составляющих их функций на практике используются различные методы получения таких сведений. Для унифицированных изделий массового производства аналогичные сведения получают на основе проводимых испытаний определенного количества образцов изделий. Таким образом проводятся испытания задвижек, клапанов, пожарных кранов, насосов, электродвигателей и ряда других стандартных изделий, механизмов и приборов, используемых в системе водоснабжения. А по таким элементам системы водоснабжения, как водопроводные сети, трубопроводы, водоводы, которые не относятся к типовым изделиям, сведения по надежности определяются отдельно в комплексе эксплуатируемых системах.

Для таких элементов показатели надежности определяются только в результате длительных наблюдений в процессе их эксплуатации, систематического сбора и обработки статических данных обо всех повреждениях и авариях. Чем больше параметров наблюдений и их длительность во времени, тем больше число однородных элементов

подвергается наблюдению (или испытанию), что в свою очередь приближает полученные показатели надежности к более достоверным. В связи с этим, полноценная система регистрации аварий и повреждений элементов системы является очень важной для осуществления контроля их эксплуатации и планирования восстановительных работ.

Показатель надежности – количественная характеристика одного или нескольких свойств целостной системы водоснабжения или ее отдельных элементов. Здесь надо иметь ввиду, что такое понятие как элемент системы, является весьма условным. Для системы водоснабжения в целом сооружения, насосы, участки трубопроводов, задвижки и т.д. являются элементами системы. В тоже время данные элементы, в свою очередь, состоят из отдельных комплектующих частей и деталей, каждая из которых обладает определенными специфическими особенностями, и могут иметь свои различные показатели надежности. Испытания на заводе предусматривают численные определения показателей не только изделий в целом, но и составляющих их деталей. При проектировании системы водоснабжения и определения ее надежности, как было сказано выше, за элементы принимаются основные инженерные сооружения, участки трубопроводов, насосы, механизмы, арматура, приборы.

Все оценки показателей надежности системы водоснабжения, и ее отдельных элементов, особенно численные показатели, имеют вероятностный характер. Такие показатели вероятности случайных событий, как правило, измеряются в долях единицы или в процентах.

В процессе эксплуатации системы водоснабжения нередко возникают различные нарушения работы отдельных сооружений и элементов системы, что неизбежно вызывает определенные нарушения функций системы в целом, т.е. приводит к сбою нормального уровня водоснабжения обслуживаемого объекта. Допустимые пределы такого снижения предусматриваются в СНиП 2.04.02-84 [41].

В основном системы водоснабжения относятся к многофункциональным системам, т.к. они должны обеспечивать подачу заданных количеств воды для различных категорий потребителей (хозяйственно-бытовых нужд населения, нужд промышленности, пожаротушения) и при этом, обеспечивать не только подачу требуемых количеств воды, но и требуемого ее качества и давления в точках отбора воды из системы.

Все системы водоснабжения, как известно, являются системами длительного функционирования. Надежность этих систем в определенный период эксплуатации, оценивается отношением суммарной длительности периодов снижения качества функционирования, к общему календарному сроку эксплуатации. Здесь необходимо учитывать также и степень возможного уровня снижений.

Здесь, огромное значение для оценки уровня надежности системы водоснабжения имеют такие понятия как длительность и частота повторяемости периодов нарушения функционирования.

В СНиП 2.04.02-84 [41], основном нормативном документе по проектированию систем водоснабжения, они разделены на три категории надежности:

I – допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30% расчетного расхода и на производственные нужды до предела, устанавливаемого аварийным графиком работы предприятий; длительность снижения подачи не должна превышать 3 суток. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время выключения поврежденных и включения резервных элементов системы (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов и др.), но не более чем на 10 минут;

II – величина допускаемого снижения подачи воды та же что и при I категории; длительность снижения подачи не должна превышать 10 суток.

Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускаются на время выключения поврежденных и включения резервных элементов или проведения ремонта, но не более чем на 6 часов;

III – величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при I категории; длительность снижения подачи не должна превышать 15 суток. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время проведения ремонта, но не более чем на 24 часов.

Объединенные хозяйственно-питьевые и производственные водопроводы населенных пунктов при числе жителей в них более 50 тыс. чел следует относить к I категории; от 5 до 50 тыс. чел ко II категории; менее 5 тыс. чел. - к III категории [42].

Первостепенное, влияние на ухудшение работы систем водоснабжения оказывают отказы источников водоснабжения, аварий водоприемных сооружений, прекращение подачи электроэнергии. Аналогичные события, как правило, приводят к отказам системы в целом.

Любая реальная система водоснабжения может пребывать в следующих основных (расчетных) состояниях:

- исправное – система может выполнять функции водообеспечения потребителей на заданном нормальном расчетном уровне;

- неисправное – система может выполнять функции водообеспечения потребителей на уровне, сниженном по сравнению с нормальным расчетным, но не ниже установленного нормами допустимого предела;

- неработоспособное (состояние отказа) – система не может выполнять функции водообеспечения потребителей на нормальном расчетном или допустимом пониженном уровне.

Для каждого комплекса эксплуатируемой или спроектированной системы водоснабжения может быть численно оценено влияние отказов отдельных элементов и сооружений на качество ее функционирования системы в целом.

Существующие современные технологические методы создания и эксплуатации систем водоснабжения основываются на активном привлечении количественных методов анализа и синтеза их надежности, так как только таким образом можно обеспечить возведение рационально спроектированных в технико-экономическом смысле и высокоэффективных в эксплуатации систем.

Надежность системы водоснабжения может быть обеспечена только при комплексном рассмотрении и оценке надежности всей «цепи» водопроводных сооружений и учета их роли в совместной работе.

Надежность эксплуатируемой системы водоснабжения должна обеспечиваться тремя основными путями: использованием высоконадежных и долговечных материалов элементов системы, их резервированием, эффективной организацией их эксплуатации и полноценным управлением процессами, происходящими в системе водоснабжения.

Как известно город Шымкент входит в состав Южно-Казахстанской области Республики Казахстан, на территории которого преобладают слабые водонасыщенные грунты а сейсмическая опасность оценивается в 8 баллов по шкале Рихтера. Свойства этих грунтов и механизм воздействия неощутимых землетрясений на подземные и полуподземные инженерные сооружения системы водоснабжения, которые эксплуатируются в этих условиях, подробно описаны в первой главе настоящей диссертации.

Поэтому вопрос исследования влияния вышеназванных факторов на подземные и полуподземные сооружения системы водоснабжения и повышения их надежности является наиболее актуальным для г. Шымкента.

Вышеописанные теоретические и практические выводы наиболее применимы для условий Южного Казахстана.

По результатам исследований последствий разрушений резервуаров чистой воды, расположенных на слабых водонасыщенных грунтах вследствие воздействия неощутимых землетрясений в комплексе системы водоподачи, расположенных в г. Шымкент выявлены наиболее слабые звенья

резервуаров чистой воды. Это стеновые панели, днища резервуаров чистой воды, которые наглядно приведены на рисунках 2.1.- 2.3. и фотографиях 1-15 в Приложении.

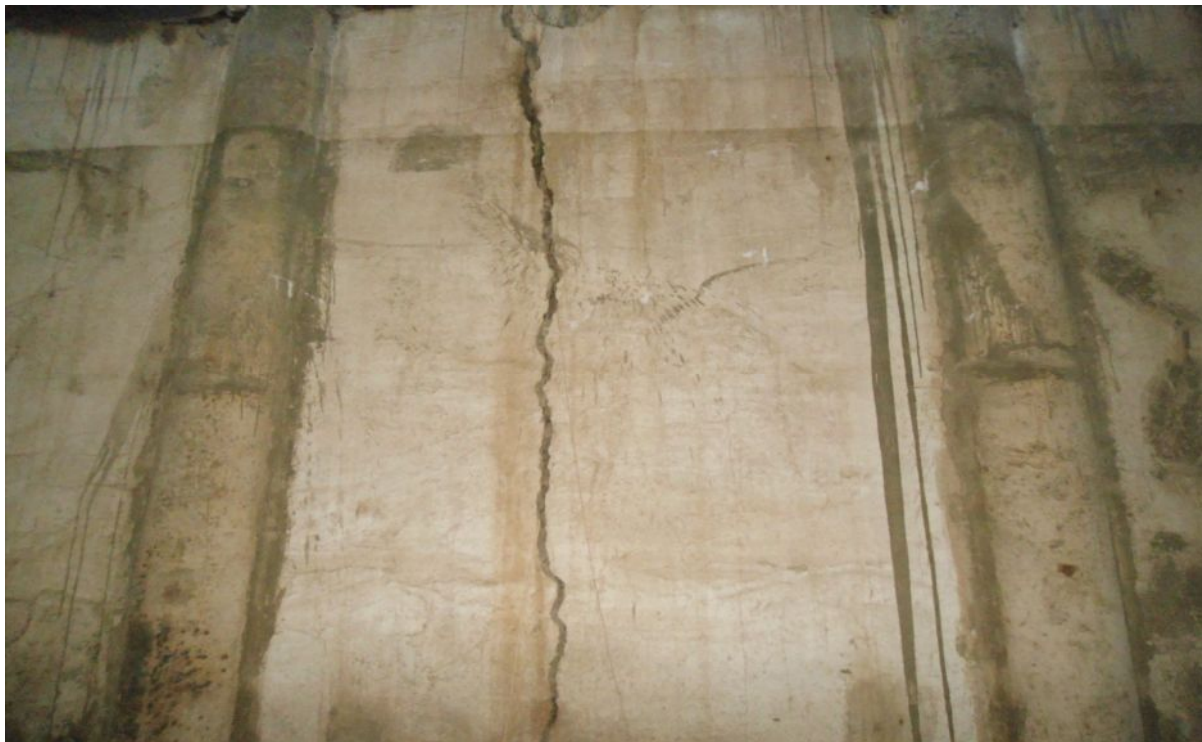


Рис. 2.1. вид вертикальной трещины на стене РЧВ



Рис. 2.2. Вид вертикальной трещины в стенке, переходящей на днище РЧВ



Рис. 2.3. Вид трещины на днище РЧВ

## **2.2 Особенности исследований площадок, расположенных на слабых водонасыщенных грунтах**

Как известно, объем инженерно-геологических изысканий определяется не только в зависимости от палеологических условий, а также от конструктивного решения, предназначения и значимости проектируемого инженерного сооружения. Обычно комплекс инженерно-геологических изысканий состоит из бурения скважин, проходки шурфов, лабораторных исследований отобранных из скважин и шурфов образцов слабых грунтов, зондирования, лопастных и прессиометрических испытаний, исследований в шурфах грунтов на сдвиг и т.д. В г. Шымкент в большинстве случаев, как описано в разделе 1.2, слабые грунты текучей консистенции, в них очень

трудно (а иногда и невозможно) отобрать пробы с ненарушенной структурой, поэтому мы считаем, что именно полевые методы в таких условиях позволяют получить наиболее достоверную информацию об их преобладающих свойствах.

В ходе изысканий, проведенных совместно с лабораторией ЮКГУ им. М.Ауэзова и городским земельным комитетом города Шымкент, были учтены характер напластования рассматриваемых грунтов. Обычно расстояние между буровыми скважинами на площадках под промышленные и гражданские сооружения принимается равным 30-35, а если слабые грунты не выдержаны по простиранию, то до 30м. Глубина буровых скважин назначалась из условия, чтобы был пройден весь слой слабых и не менее пяти метров подстилающих прочных грунтов. Из большинства скважин(50-70%) отобраны образцы с ненарушенной структурой.

Как известно, при проведении изысканий на стадии рабочих чертежей, когда уже известно расположение сооружений на генплане, следует дополнительно пробуривать ряд скважин, чтобы в пределах каждого из них было пройдено не менее трех-четырёх выработок.

Из-за того, что в процессе отбора обычно нарушается природное напряженное состояние грунта, отбор образца слабого водонасыщенного глинистого грунта с ненарушенной структурой оказался весьма сложным. В связи с тем, что в слабых грунтах, в отличие от прочных, связи между частицами (цементационные вандерваальсовы) очень слабые, они легко нарушаются при отборе образца. Согласно нашим исследованиям природное поровое давление в толще слабых водонасыщенных глинистых грунтов достигает 0,078 МПа. Поэтому при отборе образцов были приняты необходимые меры, исключаяющие расширение образца.

В процессе исследования, в целях обеспечения минимального нарушения природной структуры слабых водонасыщенных грунтов, при отборе проб использовались тонкостенные грунтоносы с внутренним



диаметром не менее 10см, которые заваливались в грунт соответственно со скоростью не меньше 3м/мин.

Расчеты показали, что осадки днища и стеновых элементов сооружений (резервуаров чистой воды) на слабых водонасыщенных грунтах в г.Шымкент необходимо рассматривать на основе существующей теории линейно-деформируемых тел. Поэтому для проведения данных расчетов по вышеприведенной теории необходимо, при испытаниях образцов водонасыщенного грунта, определить значения только двух параметров – модуля общей деформации и коэффициента бокового расширения (коэффициент Пуассона) [35].

На основе этого следует отметить, что для расчета часто применяются модели Винклера или П.Л. Пастернака, но при их применении, как известно, необходимо определять значение одного или двух так называемых коэффициентов постели. Однако, конкретно для каких сооружений и для каких грунтовых условий следует применять те или иные грунтовые модели до настоящего времени не установлено. Поэтому, в большинстве случаев расчета днища подземных сооружений, как правило, используется теория линейно-деформируемых тел [43].

Это подтверждено так же многочисленными исследованиями деформируемости слабых водонасыщенных грунтов различного гинезиса, проведенные в МИСИ им. В. В. Куйбышева на компрессионных приборах различной конструкции, а так же на приборах трехосного сжатия. Вышеназванные исследования позволили установить следующие основные закономерности деформируемости слабых водонасыщенных грунтов [43].

а) Значение модуля общей деформаций  $E_0$ , существенно зависящая от напряженного состояния образца грунта, есть величина переменная. При этом необходимо указывать, для какого диапазона изменения напряжений получено данное значение. Как показали опыты, это величина для некоторых грунтов при изменении давления от 0 до 0,5 МПа может меняться семь раз, т.е. ошибка может достигнуть 700%.

б) Величина модуля общей деформацией самих водонасыщенных глинистых грунтов существенно зависит от режима нагружения образцов (траекторий нагружения). Графики зависимости относительной деформации при нагружении слабых водонасыщенных грунтов малыми степенями давления от фактически действующего давления существенно отличаются от аналогичных графиков при нагружении этих же образцов-близнецов слабого грунта большими степенями давления. Результаты проведенных в компрессионных приборах исследований при различных степенях приложенного давления приведены на рисунке 2.4.

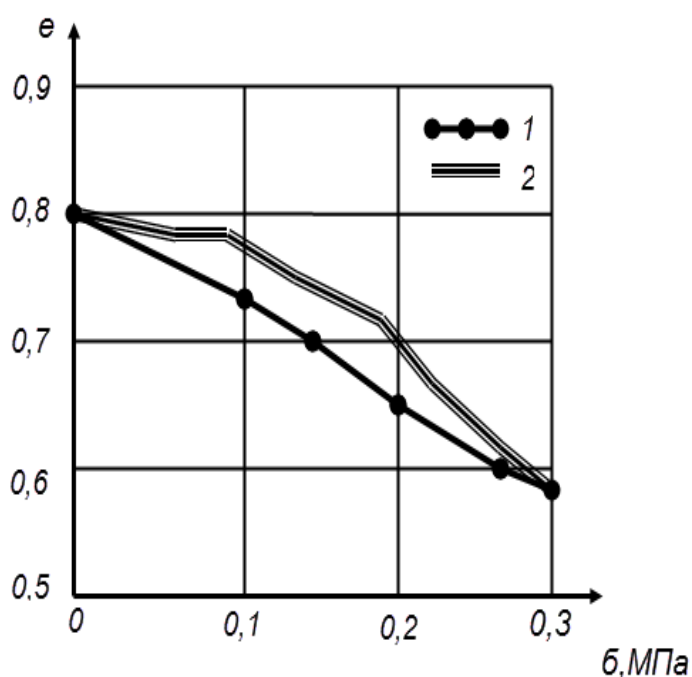


Рис.2.4 График зависимости сжимаемости слабых грунтов при различных степенях давлений

1,2 –  $\sigma$  соответственно равно 0,01 и 0,05 Мпа

в) Во время сжатия образцов исследуемых грунтов в компрессионных приборах, в процессе измерения порового давления при достижении характерной для данного вида грунта, определенной величины давления, поровое давление в образце не возникает,  $\sigma\sigma$  а появляются только упругие деформации, которые меньше 0,01мм. Здесь, величину максимального давления, предлагается называть структурной прочностью данного грунта.

Этот показатель призван характеризовать природную структуру грунта. Данный показатель следует использовать в случае консолидации слоев слабых водонасыщенных грунтов, в расчетах при проектировании опор подземных сооружений (днище резервуаров чистой воды). А при динамическом воздействии на грунт величина вышеназванного показателя может в определенной степени меняться.

Поэтому, расчетное значение модуля общей деформации слабых водонасыщенных грунтов зависит как от физических свойств грунтов, так и от возводимого на данных грунтах конкретного сооружения. Здесь значения модуля общей деформации грунтов оснований в обязательном порядке должны назначаться только по результатам проведенных исследований с учетом совместной работы основания и сооружения.

Здесь так же величина коэффициентов бокового давления должна устанавливаться с учетом напряженного состояния грунта по факту в данной точке основания при обязательном учете совместной работы сооружения и основания.

Для обоснованных расчетов прочности и устойчивости оснований подземных инженерных сооружений системы водоснабжения на слабых грунтах обязательным условием является исследование их прочностных характеристик.

При этом обязательно используются теории Мора-Кулона и Мизеса-Шлейхера-Боткина для описания процессов, обуславливающих прочность грунтов [43]. По теории Мора-Кулона, прочность грунтового основания нарушается при определенном соотношении между полусуммой и полуразностью минимального и максимального главных напряжений в данной точке. По теории Мизеса-Шлейхера-Боткина прочность грунтового образца определяется как отношение между величинами максимального и минимального главных напряжений в данной точке, так и в зависимости от величины среднего напряжения. Для подавляющего большинства исследуемых грунтов теория прочности Мора-Кулона более соответствует

требованиям инвариантности параметров прочности, при этом влияние среднего напряжения, как правило, незначительно. Если же в результате испытаний на однополосных срезных приборах, угол внутреннего трения слабых водонасыщенных грунтов превышает  $18^\circ$ , то требованию инвариантности параметров прочности лучше отвечает теория Мизеса-Шлейхера-Боткина[43].

Все эти теоретические и экспериментальные выводы нашли свое применение при проведенных нами исследованиях, т.к. они являются характерными для грунтов, расположенных на территории г.Шымкент, где расположен объект нашего исследования.

### **2.3 Основы оценки влияний слабых землетрясений на надежность инженерных сооружений**

Землетрясения представляют собой одно из наиболее частных природных явлений. Общее число ежегодно происходящих землетрясений, по сведениям сейсмологов, достигает несколько тысяч или десятков тысяч в год.

Сведения о количестве регистрируемых ежегодно землетрясений представлено в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Интенсивность регистрируемых ежегодно землетрясений

Характеристика землетрясений	Число в год	Магнитуда
1. Землетрясения планетарного масштаба с катастрофическими разрушениями	~1-2	>8
2. Землетрясения регионального масштаба с обширными разрушениями	10-15	7-8
3. Землетрясения с разрушительными толчками	100-150	6-7

4. Землетрясения средней силы с отдельными повреждениями сооружений	До 1000	5-6
5. Землетрясения слабые, без особых повреждений сооружений	7000-10 000	4-5
6. Землетрясения, которые регистрируются только инструментально	>10 000	<4

Признаками слабых землетрясений являются несильный скрип стен в деревянных конструкциях, слабые колебания люстр или позванивание посуды. Землетрясения более сильного характера вызывают незначительные трещины в штукатурке, падение отдельных предметов мебели и другие явления, создающие дискомфорт. Если рассматривать характерные признаки землетрясений по нарастающей градации, то здесь отмечаются все более усиливающиеся эффекты такие как обвал кирпичных стен, разрушения несущих конструкции, появление трещин в почве, изменения земной поверхности и др. Аналогичные землетрясения, как правило, сопровождаются пожарами, взрывами резервуаров ГСМ и другими опустошительными эффектами что приводит обычно к большому количеству человеческих жертв.

К примеру в провинции Шансы (Китай) при землетрясении 1556 г. унесло около 830 тыс. человеческих жизней; в Калькутте (Индия) при землетрясении 11 октября 1737 г. погибло свыше 300 тыс. человек; в Калабрии (Италии) при землетрясении 5 декабря 1783г, - свыше 100тыс. человек; в г Бухта Сагахн (Япония) при землетрясении 1 ноября 1923 г. погибло свыше 100 тыс. человек.

Среди разрушительных землетрясений последних шести десятилетий необходимо отметить следующие: г. Ашхабад ( СССР, 1948), г. Мехико (1957), Агадир (Марокко, 1960), Скопле (Югославия, 1963); Ниигата (Япония, 1964); г. Ташкент (Узбекистан, 1966), г. Киракас (Венесуэла, 1967); г. Сан-Франциско (США, 1971); г.Спитак (Армения, 1987) и др.

Здесь следует отметить, что даже последние достижения науки и техники пока не позволяют решить задачу предотвращения разрушительных землетрясений. При этом, даже они не могут решить задачу прогнозирования землетрясений в широком смысле этого слова.

Сегодня одной из важных задач ставится проблема разработки антисейсмических мероприятий, состоящая из двух основных частей:

- разработка методов прогнозирования района и конкретного места ожидаемого разрушительного землетрясения и оценка его интенсивности;
- разработка сооружений, обладающих высокими сейсмостойкими технико-экономическими показателями, которые способны воспринять с минимальным ущербом землетрясение ожидаемой интенсивности.

Конечно же эти две задачи тесно взаимосвязаны друг с другом, но решение первой задачи данной проблемы относится к компетенции сейсмологов и геофизиков, тогда как решение второй задачи связано непосредственно со специалистами в области строительных наук [45].

Как правило, продолжительность основного землетрясения, составляет несколько десятков секунд, в течение этого времени так же может быть зарегистрировано несколько основных толчков. Иногда основному предшествуют слабые толчки, которые называются афтершоками. Чаще всего афтершоки наблюдаются после сильного основного землетрясения по истечении некоторого времени, объясняемые как вторичные землетрясения. Интенсивность афтершоков обычно слабее интенсивности основного землетрясения, но иногда их воздействию сопоставимы, и в этом случае можно говорить о последовательности, землетрясений.

Следующей причиной землетрясений может быть так же вулканическая деятельность. Вулканические землетрясения, согласно статистике имеют сравнительно малую область сотрясения и обладают незначительной силой. Хотя в истории известны и чрезвычайно сильные вулканические землетрясения.

Одной из причин возникновения землетрясений может являться и последствия хозяйственной деятельности человека. Это так называемые наведенные землетрясения. К примеру, это может быть, заполнение крупного водохранилища, откачка залежей газа и нефти из полостей земли и др., которые могут служить причиной сдвига отдельных пластов, вызывающих сотрясение земной поверхности. К ним же можно отнести землетрясения, последствия карстовых явлений. Хотя наведенные землетрясения обычно обладают малой силой, но имеются примеры с разрушительной амплитудой.

Расстояние от точки наблюдения до эпицентра называется эпицентральной расстоянием  $\Delta$ , а до фокуса – гипоцентральной расстоянием  $c$ . Очевидно, что  $c = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$ .

Теоретически параметры, определяемые воздействием землетрясения (смещения, ускорения), в точках земной поверхности с равными гипоцентральной расстояниями должны иметь одинаковые значения. Кривая, образуемая совокупностью этих точек называется изосейстой. Теоретически получается, что изосейсты должны быть концентрическими кривыми, близкими к окружности. В практике изосейсты землетрясений существенно отличаются от теоретической формы. Объясняется это тем, что интенсивность проявления землетрясений на поверхности в значительной степени зависит от гидрологических особенностей верхних пластов, которые могут уменьшать, либо увеличивать сейсмические эффекты.

Одной из основных характеристик землетрясения является его интенсивность, которая определяет оценку мощности очага. В настоящее время для оценки этих показателей, используются два подхода: инструментальный и описательный, которые основаны на регистрации степени повреждений зданий, остаточных явлениях в грунтах, изменений гидрогеологического режима и других признаков.

В основе инструментального подхода лежит понятие магнитуды, предложенное Ч. Рихтером и в дальнейшем теоретически обоснованное Б. Гутенбергом.

Магнитуда землетрясения вычисляется по формуле:

$$M = \lg A_0 - \lg \frac{A}{A_0}, \quad (2.1)$$

где  $A_0$  – значение максимальной амплитуды (км) смещения, измеренное на уровне поверхности Земли некоторой сейсмической волны (чаще всего поверхностной) при определенном слабом землетрясении на некотором удалении  $\Delta$  (км) от эпицентра;  $A$  – то же, для рассматриваемого землетрясения.

Очень практичной является формула, предложенная Н.В.Шебалиным [45] при использовании поверхностных волн:

$$M = \ln A + 1,32 \ln \Delta, \quad (2.2)$$

Понятие магнитуды, как известно, положено в основу оценки интенсивности землетрясений по шкале Рихтера, фрагмент которой приведен в таблице табл. 2.1.

В целях оценки излучаемых очагом энергии упругих волн, используется эмпирическая формула:

$$\lg E = aM + b, \quad (2.3)$$

где,  $E$  - энергия упругих волн, эрг; коэффициенты  $a$  и  $b$  принимаются равными:

$$a = 1,8; \quad b = 11 \text{ - для слабых землетрясений;}$$

$$a = 1,5; \quad b = 12 \text{ - для сильных землетрясений.}$$

Выявлена зависимость между числом землетрясении, происходящий в данном районе за один год, и энергией  $E$ :

$$\lg N = -\gamma \lg E + C, \quad (2.4)$$

где постоянные  $\gamma$  и  $C$  устанавливаются в зависимости от района исследования.



В 1954 г была предложена первая отечественная сейсмическая шкала ИФЗ (Институт физики Земли). Здесь, для оценки интенсивности землетрясения так же использовалась 12-и балльная градация. Инструментальная часть содержала параметры максимального относительного смещения ( $x_0$ , мм), фиксируемые сейсмометром СБМ. Описательная часть включала характеристики повреждения зданий, не имеющих антисейсмических мероприятий, разделенные на три группы: А- одноэтажные дома со стенами из рваного камня, кирпича-сырца, самана и т.п.; Б - кирпичные и каменные здания; В - сооружения из дерева.

Шкала MSK (С.В.Медведев, В.Шпонхоер, В.Карник) была разработана в 1964 г., которая за счет снижения в описательной части доли признаков, допускающих субъективную оценку, и введения в инструментальную часть скоростей и ускорений основания, характеризующих балльность землетрясения, является усовершенствованием предыдущей.

Здесь необходимо отметить, что параметры шкалы MSK, ИФЗ, а также американской шкалы MM и европейской шкалы Меркалли-Канкани-Зибберга идентичны между собой [50,51].

В Казахстане, в настоящее время используется рекомендованная Бюро межведомственного совета по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) АН РФ шкала ИФЗ, положенная в основу норм СНиП II-7-81. Согласно этой шкале интенсивность землетрясений 6-9 баллов оценивается параметрами смещений, скоростей и ускорений грунта основания, приведенными в таблице 2.2 [50,51].

Для более приближенной оценки интенсивности землетрясения в эпицентре следует использовать соотношения, связывающие магнитуду  $M$  (по Рихтеру) и балльность  $J$  по сейсмической шкале:

- при мелкофокусных и нормальных землетрясениях:

$$J = M + 2,5, \quad (2.5)$$

- при глубокофокусных землетрясениях:

$$J = M + 1,5, \quad (2.6)$$

Таблица 2.2. интенсивность землетрясений 6-9 баллов оценивается параметрами смещений, скоростей и ускорений грунта основания

Интенсивность, в баллах	Ускорение грунта, см/с <sup>2</sup> (T≥0,1с)	Скорость колебании грунта см/с	Смещение маятника сейсмографа, мм
6	30-60	3-6	1,5-3
7	61-120	6,1-12	3,1-6
8	121-240	12,1-24	6,1-12
9	241-480	24,1-48	12,1-24

На основании вышеизложенных теоретических и эмпирических выкладок, считаем, что на их основе можно осуществлять количественную оценку сейсмоопасности малых площадок определенных объектов расположенных в определенной сейсмической зоне, а так же при воздействии постоянно действующих динамических нагрузках от частных (неощутимых) землетрясений. Как известно г.Шымкент расположен в сейсмоопасной зоне и исследуемая система водоснабжения с резервуаром чистой воды, подверженная воздействию частных землетрясений расположена именно здесь.

#### **2.4 Исследования прочностных характеристик подземных конструкций, расположенных на слабых грунтах под воздействием внешних факторов**

В целях определения количественной оценки сейсмоопасности малых площадок некоторых объектов города или строительной площадки, согласно «СНиП» [17], предварительно устанавливают для него исходный балл по

карте сейсмического районирования. Так как карты не могут отобразить локальные особенности сейсмичности, здесь используют «Инструкцию по проведению сейсмического микрорайонирования» [29], которая рекомендует проводить уточнение сейсмичности малых площадок.

Здесь используется количественное понятие: сотрясаемость  $V=V(I)$  – средняя частота повторения в данной точке определенной интенсивности  $I$  [30]. В качестве исходных данных для расчета сотрясаемости в настоящее время используют:

- карты сейсмической активности  $A$  окружающей среды;
- значение наклона  $\gamma$  графика повторяемости землетрясений, с которым она была построена;
- графики затухания интенсивности с удалением от очага  $I = f(H, K, r)$ , где  $H$  – глубина очага;  $K$  – энергетическая величина землетрясения;  $r$  – эпицентральный расстояние.

Но при оценке сейсмической опасности малых территории объем сейсмостатических данных оказывается обычно недостаточным для построения представительного графика повторяемости землетрясений и карты сейсмической активности.

Исходя из этого предлагается метод вычисления локальной сотрясаемости, позволяющий избежать этой трудности и предназначенный для количественной оценки сейсмической опасности малых площадок, с учетом грунтово-гидрогеологических условий [30].

Здесь в основе этого метода лежат представления о строении земной коры, природе возникновения землетрясений и сейсмическом режиме. Где на основе этих представлений, земная кора есть совокупность блоков, разделенных ослабленными зонами как в Шымкенте, имеющими в зависимости от размеров блоков различную протяженность и структуру. При относительном перемещении соседних блоков в контактных ослабленных зонах возникают землетрясения разной величины. Здесь очаги больших

землетрясений более 8 баллов приурочены преимущественно к зонам сочленения крупных структурных комплексов.

В случае, когда случайные функции  $n_{iK}(l)$  однородны в пространстве шва и стационарны во времени, оценки локальной сотрясаемости, в получении которых заключается цель предлагаемого метода, будут представительными (несмещенными и состоятельными).

Здесь, полученные с помощью геологических критериев, оценки стационарности и однородности тектонического процесса, дополняются оценками стационарности и однородности случайных функций  $n_{iK}(l)$ , вычисляемых по сейсмостатистическим данным.

В этом случае вычисления следует начинать с проверки согласия распределения вероятностей случайных функций  $n_{iK}(l)$  закону Пуассона: если эта гипотеза принимается, все последующие вычисления, связанные с определением сотрясаемости, существенно упрощаются. Оценку  $K_{\max}$  предлагается проводить с помощью первого предельного распределения Э. Гумбеля, а оценку сотрясаемости представлять в виде функции распределения  $P(r < r_0)$ , являющейся показательной при пуассоновском распределении случайных функций  $n_{iK}(l)$  [28,31,35].

Авторами при проверке гипотезы о пуассоновском виде распределения совокупности очагов землетрясений в сейсмогенном пространстве предлагается применять видоизмененный критерий Клапема [39,35,29]

$$D = \frac{\sum (n_{iKj} - \bar{n}_{iKj})^2}{n_{iKj}(m-1)}, \quad (2.7)$$

где  $m$  – число элементарных объемов в сейсмогенном пространстве  $i$  – го шва;

$\bar{n}_{iKj}$  – среднее число очагов энергии  $E_K^{(j)}$  в элементарных объемах  $V_j$ .

Нулевая гипотеза, т.е. гипотеза о согласии эмпирических данных пуассоновскому распределению, принимается, если при  $(m-1)$  степенях свободы и избранном уровне значимости выполняется неравенство

$$\frac{x_{a/2}^2}{m-1} \leq D \leq \frac{x_{1-a/2}^2}{m-1}$$

(2.8)

Надо учесть, что критерий Клапема допускает следующие высказывания относительно двух конкурирующих гипотез:

- если  $D < \frac{x_{a/2}^2}{m-1}$ , то принимается гипотеза о равномерном распределении очагов землетрясений в сейсмогенном пространстве;

- если же  $D > \frac{x_{1-a/2}^2}{m-1}$ , то это указывает на неоднородность пуассоновского распределения или на группирование очагов – подчинение их распределению, отличному от распределения Пуассона.

Авторы доказывают, что принятие нулевой гипотезы и отказ от нее в пользу первой альтернативы для нас равнозначны. Их принятие автоматически ведет к принятию еще двух гипотез:

- вероятность попадания того или иного числа очагов землетрясений энергетического класса  $K$  в элемент объема  $V_j$  сейсмогенного пространства не зависит от положения  $V_j$  в этом пространстве;

- вероятность попадания того или другого числа очагов землетрясений в объем  $V_1$  не зависит от того, сколько их попало в любой другой объем  $V_2$ , не перекрывающийся с  $V_1$ . Таким образом, в обоих случаях делается вывод о равновероятности и независимости возникновения очага землетрясения энергии  $K$  в любом элементе сейсмогенного пространства. Очевидно, что критерий (2.7) может быть использован для проверки тех же гипотез относительно любой из координат (частных распределений) случайных функций  $n_{iK}(l)$ .

Вышеназванный критерий был применен для проверки гипотезы о виде распределения эпицентров землетрясений в пределах сейсмогенных швов Ферганской долины. Здесь координаты  $x, y$  с выборочной прямоугольной площадкой  $14 \times 12,3$  км ( $S = 0,17 \times 10^9 \text{ м}^2 = 0,17 \text{ м}^2$ ). Так как количество землетрясений величиной  $K \geq 13$  малочисленно, вид распределения

определяется только для землетрясений при  $K$ , равном 9, 10, 11 и 12. В этих случаях распределение эпицентров землетрясений, зарегистрированных в пределах двух сейсмогенных швов при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ , достаточно хорошо соответствует закону Пуассона. Исключением является размещение эпицентров землетрясений  $K = 9$  в пределах южного сейсмогенного шва, где они тяготеют к равномерному распределению ( $D = 0,70$  меньше  $\chi^2/\nu = 0,75$ ).

Выборочные распределения землетрясений величиной  $K=9\div 12$  для северного сейсмогенного шва и землетрясений  $K = 11$  и  $K = 12$  для южного сейсмогенного шва так же показали достаточно хорошее согласие с гипотезой о пуассоновском распределении во времени ( $\Delta t = 1$  год,  $\alpha = 0,05$ ) показали и. Однако землетрясения  $K = 9$  и  $K = 10$  южного сейсмогенного шва удовлетворяют гипотезе об их пуассоновском распределении во времени лишь при уровне значимости  $\alpha = 0,002$ , что может быть объяснено малым объемом выборки (8 лет для землетрясений  $K = 9$  и 18 лет для  $K = 10$ ).

Следует отметить, что полученные результаты, хотя и с натяжкой, позволяют полагать, что случайные функции  $n_{iK}(l)$  характеризуются пуассоновским распределением вероятностей, а тектонические процессы, порождающие землетрясения, в обоих швах однородны.

Вследствие того, что композиция взаимно независимых и имеющих пуассоновские распределения случайных функций  $n_{ik}(l)$  имеет пуассоновское распределение со средним:

$$B_i^I = \sum_{K \geq 13}^{K_{\max}} \bar{n}_{iKj} \Delta S_{iK}^I \quad (2.9)$$

Поэтому, средняя частота повторения сотрясений  $I$  – балла, определяется выражением:

$$B_I = \sum_I^u \sum_{K \geq 13}^{K_{\max}} \bar{n}_{iKj} \Delta S_{iK}^I \quad (2.10)$$

где  $\bar{n}_{iKj}$  - плотность совокупности  $F_{iK}$ ;

$S = 100 \text{ м}^2$ ;  $\Delta S_{ik}^I$  - площадь участка сейсмогенного шва, порождающего очаги землетрясений, вызывающие сотрясения интенсивности I;

$i$  - число сейсмогенных швов.

Сила сотрясения, как известно, зависит от грунтово-гидрогеологических условий. Поэтому вычисленную по формуле (2.10) величину  $B_1$  следует рассматривать как повторяемость сотрясений интенсивности I в зоне расположения 3 типа грунтов территории объекта исследования. Здесь мы получаем приращения балльности для разновидностей грунтово-гидрогеологических условий, представленных на территории объекта, согласно рекомендуемыми «Инструкцией по проведению сейсмического микрорайонирования» методами [28].

## **Выводы**

1. Город Шымкент входит в состав Южно - Казахстанской области Республики Казахстан, на территории которого преобладают слабые водонасыщенные грунты а сейсмическая опасность оценивается в 8 баллов по шкале Рихтера. Поэтому вопрос повышения эксплуатационной надежности подземных и полуподземных сооружений системы водоснабжения является наиболее актуальным для г.Шымкента.

2. Объем инженерно-геологических изысканий определяется не только в зависимости от палеологических условий, а также от конструктивного решения, предназначения и значимости проектируемого инженерного сооружения.

3. На основе изложенных теоретических и эмпирических выкладок можно осуществлять количественную оценку сейсмоопасности малых площадок определенных объектов расположенных в определенной сейсмической зоне, а так же при воздействии постоянно действующих динамических нагрузках от частных слабых землетрясений.

4. В связи с тем, что сила сотрясения зависит от грунтово-гидрогеологических условий. Поэтому сотрясаемость I балла  $V_1$  следует рассматривать как повторяемость сотрясений интенсивности I в зоне расположения 3 типа грунтов территории объекта исследования. Таким образом вычисляются приращения балльности для разновидностей грунтово-гидрогеологических условий, представленных на территории объекта.



## ГЛАВА 3.

# ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ

### 3.1 Анализ работы конструкций подземных инженерных объектов, возводимых на слабых грунтах с учетом динамических нагрузок

Объектом исследования является надежность резервуаров чистой воды, расположенных в сейсмическом регионе Республики Казахстан возведенных на слабых водонасыщенных грунтах. Данные изыскания грунтовых условий приведены в главе 1.2 Как было показано выше, согласно классификации типов грунтов расположенных по территории г. Шымкент, исследуемый район относится к шестому типу геологического разреза. Суть выбора оценки предельного состояния водонасыщенных слабых грунтов состоит в расчете ресурса  $T$  до разрушения, т.е.

$$T = \{N_p, t_p, [\sigma_a], [l_a]\} = \Phi\{\varphi_q(q, N, t, r)\}, \quad (3.1)$$

где  $\Phi$  - функционал долговечности заданного вида;

$[l_a]$  - допустимые амплитудные деформации;

$[\sigma_a]$  - допустимые амплитудные напряжения;

$N_p$  - расчетное число циклов нагружения;

$\varphi_q, \varphi_\sigma, \varphi_i$  - функции, учитывающие особенности соответственно нагрузки, характеристик материалов и составляющих элементов объекта исследования;

$N, t$  – фактическая безотказная работа объекта;

$q$  - характеристика динамических и статических нагрузок;

$r$  - коэффициент асимметрии;

$\sigma_1, \sigma_{0,2}, \sigma_{-1}, \sigma_{\sigma\tau}$  - предел прочности, текучести, выносливости и временной прочности;

$E$  - модуль упругости железобетона;

$m$  - показатель надежности;

$\Psi$  - характеристика ремонтпригодности;

$l$  - размер трещины;

$\alpha_\sigma$  - коэффициент концентрации напряжений;

$F$  - геометрические параметры элементов конструкции.

Здесь соотношение (3.1) можно представить как сумму локальных параметров, каждый из которых будет определять надежность элементов конструкции в гидрогеологических условиях эксплуатации. Надежность определяется на базе осадочных критериев по формуле:

$$T = \{N_p, [\sigma_a], [l_a]\} = \Phi\{\varphi_q(q, N, t, r), \varphi_\sigma(\sigma_\sigma, \sigma_{0,2}, E, m, \Psi)\varphi_e(l, \alpha_\sigma, F)\}, \quad (3.2)$$

Известно, что при многоцикловых усталостных проявлениях чаще всего применяют внешние критерий разрушения. То есть определяется из функционала:

$$T = \{N_p, [\sigma_a]\} = \Phi\{\varphi_q(q, N, t, r), \varphi_\sigma(\sigma_{-1}, m)\varphi_e(l, \alpha_\sigma, E)\}, \quad (3.3)$$

При многоциклового усталости номинальные напряжения обычно не превосходят предела текучести. При этом происходит пластическое

деформирование микрообъемов железобетона, обусловленное структурно-механической неоднородностью. Здесь энергетический критерий многоциклового разрушения при учете локального пластического деформирования, определяет долговечность в форме:

$$\{N_p, [\sigma_a]\} = \Phi\{\varphi_q(q, N, t, r), \varphi_\sigma(E, \sigma_k, l_k, \sigma_0, l_0) \varphi_e(l, 2\tau, F)\}, \quad (3.4)$$

где  $e_k, e_0$  - деформации разрушения и текучести;

$\sigma_k, \sigma_0$  - напряжение разрушения и текучести.

Параметры соотношения (3.1) – (3.2), должны быть получены в процессе экспертизы надежности безопасности с учетом особенностей условий эксплуатации для рассматриваемого объекта и воздействия внешней среды. При этом в расчеты необходимо ввести коэффициенты запаса прочности.

Авторами [4] были выдвинуты предположения о взаимосвязи предела прочности материала с его выносливостью.

Рассмотрим этот вариант на примере расчета подводящих и отводящих трубопроводов исследуемого объекта, резервуаров чистой воды, а так же его элементов.

Так как часто отсутствуют нормированные значения расчетных сопротивлений для материалов труб и элементов РЧВ, расчет сводится к выполнению условия, где расчетная приведенная нагрузка  $P$  не превышает прочности трубы, и элементов РЧВ т.е.

$$P \leq mkP_{РАЗР}, \quad (3.5)$$

где  $m$  – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации;

$k$  – коэффициент однородности материалов труб и элементов РЧВ.

$P_{РАЗР}$  - разрушающая нагрузка.

Проф. Г.К. Кейн, величину  $m_k$  рекомендует принимать не 0,8, а численные значения  $P$  принимать на 20% меньше, чем допустимая стандартом нагрузка.

Проектная прочность водонасыщенных (подводящих, отводящих) труб и элементов РЧВ определяется по формуле:

$$P_{л}^{вод} = K \cdot \beta_1 \cdot \beta_3 \cdot P_{np}^0, \quad (3.6)$$

где  $\beta_1$  – коэффициент снижения прочности труб и элементов РЧВ при водонасыщении; ( $\beta_1=0,80$ ).

$\beta_3$  - коэффициент повышения прочности элементов резервуара чистой воды за счет жесткости заделки стыков ( $\beta_3$  изменяется от 1,43 до 1,66) [5,6,7]. Значения  $\beta_3$  приведены в таблице 3.1. Для стеновых конструкций значение  $\beta_3$  изменяется в зависимости от подпорных усилий, т.е. высоты наполнения воды в резервуаре.

Таблица 3.1 - Значение коэффициента  $\beta_3$  для элементов резервуара чистой воды

Высота Н мм	0	1000	2000	3000	4000
Коэффициент $\beta_3$	1,0	1,3	1,6	1,7	1,8

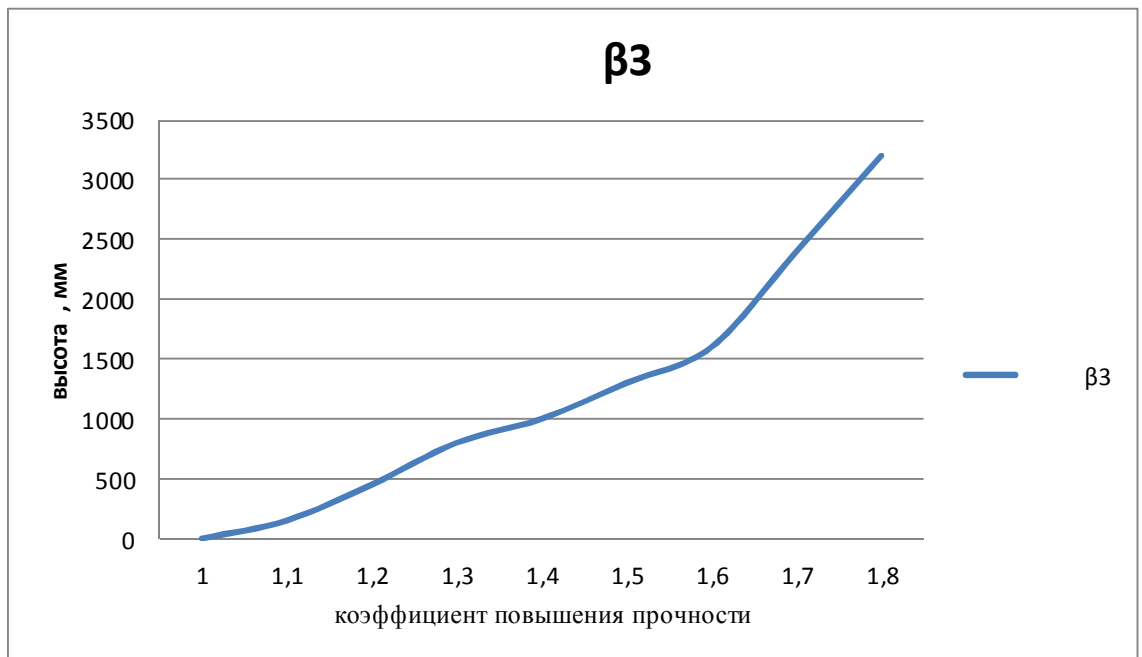


Рис. 3.1. График зависимости коэффициента повышения прочности от высоты наполнения воды в резервуаре.

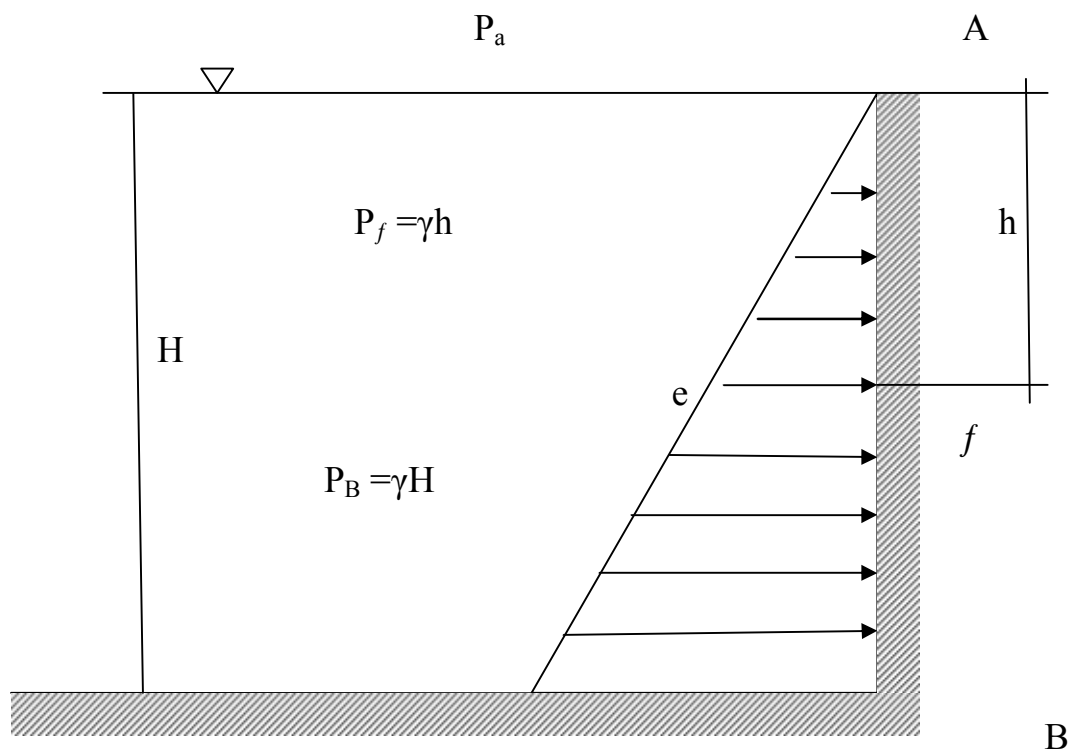


Рис. 3.2. Эпюра избыточного давления

### **3.2 Исследование работы наблюдательной СВД по понижению УГВ в районе расположения резервуаров чистой воды**

Для уточнения параметров плотности и пористости слабых водонасыщенных грунтов в районе расположения резервуаров чистой воды, было исследовано действие скважины вертикального дренажа. Для этого Южно-Казахстанской гидрогеологической экспедицией была восстановлена скважина (СВД № 3.2), расположенная в 100 м от исследуемого участка. Первоначальный ввод СВД в эксплуатацию был осуществлен в 1972 году. Конструктивные характеристики скважины: глубина - 71 м, диаметр – 325 мм, интервал установки фильтра – 30-40 и 45-50 м. тип перфорации фильтра – щелевой. На глубине 26 м установлен насос марки ЭЦВ – 10 – 160 – 35.

Фактические периоды работы скважины вертикального дренажа наглядно показаны на рисунке 3.7. Дебит СВД в периоды работы изменялся от 9 до 40 л/с, коэффициент полезной работы – от 0,66 до 0,92, удельный расход – от 3,1 до 3,7 л/с на 1 м понижения воды в скважине. Дренажный сток за все периоды работы СВД составил около 192 тыс. м<sup>3</sup>

Влияние СВД в периоды ее работы по разному сказалось на снижение пьезометрических напоров на различном удалении от вертикальной дрены (таблица 3.4, рисунки 3.3-3.5).

Характерно отметить, что во все периоды работы скважины отчетливо видно влияние фильтрационных потерь воды из ирригационного канала К-34-12, проходящего в бетонной одежде между второй и третьей наблюдательными скважинами. При этом уровень грунтовых вод в третьей и второй скважинах, расположенных на расстоянии 44 и 112 м от вертикальной дрены, снизился в период работы СВД с 13 по 22 апреля на 62 и 36 см, с 25 апреля по 31 мая – на 132 и 87 см, с 18 ноября по 1 декабря – на 40 и 32 см. На расстоянии 620 м (наблюдательная скважина №7) УГВ в эти же периоды опустился соответственно на 24, 46 и 8 см напорных вод (наблюдательная скважина №15) – на 25, 41 и 12 см. Максимальное

снижение напорных вод (наблюдательная скважина №13) составило 59, 69 и 60 см. Уровень воды в скважине вертикального дренажа понижался на 6,09 м, 10,17 и 10,64 м.

При включении СВД уровень воды в ней практически через 1,5 часа достигал своего минимального положения. Восстановление уровня происходило в 1,5-2 раза быстрее (рисунок 3.6)

Для выявления радиуса влияния скважины вертикального дренажа проанализированы уровни снижения подземных вод в течении 36 суток при  $Q_{свд} = 36,6$  л/с и  $KПР=0,92$  (таблица 3.3).

Данные таблицы показывают, что при вышеуказанных показателях работы СВД ее влияние не распространялось далее 500 м. Наглядно это видно на рисунке 3.5.

Глубина залегания грунтовых вод в разрезе климатического периода изменялась от 1,5 м в апреле месяце до 3,6 м в октябре, напорных – соответственно от 1,8 до 3,6 м. (таблица 3.4).

При сравнении фактических и рекомендуемых глубин залегания подземных вод на исследуемом участке следует учитывать, особенности влажной весны, которая началась на один месяц позже рекомендуемых сроков.

Величины минерализации дренажной воды в течении всего периода наблюдений за работой СВД практически варьировали в одном диапазоне 3,418 – 3,852 г/л. Минерализация воды в мелких и глубоких скважинах в среднем по участку изменялись в пределах 4-6 г/л и 3-4 г/л. По отдельным наблюдательным скважинам (2,3,7) ее величины существенно отличались от средних значений (таблица 3.5). Объясняется это прежде всего тем, что наблюдательные скважины №2 и №3 расположены в зоне активного влияния канала К-34-12. №7 – на площадке с очень сильной степенью засоления грунтов.

Таким образом, результаты исследований работы скважины вертикального дренажа показывают, что даже кратковременные периоды ее

действия (10-36 сут.) при дебите 24-37 л/с с коэффициентом полезной работы

0,7-0,9 снижали пьезометрические напоры подземных вод в радиусе до 500 м. Уровень воды в СВД при этом понижался на 6,1-10,6 м.

Из-за ряда объективных (аварии на линии, веерное отключение) и субъективных (несвоевременный пуск СВД, невысокий дебит скважины, отсутствие оперативной эксплуатации) причин делать выводы о степени влияния вертикальной дрены на изменение солевого режима грунтов и подземных вод преждевременно.

Литологический разрез и конструкция скважины приведены на рисунке 3.8.



Таблица 3.2. Уровни залегания грунтовых вод в СВД на различном расстоянии от нее, м

Дата	СВД		Наблюдательные скважины												
	Дебит л/с	Пьезометр	мелкие						глубокие						
			3	2	4	5	6	7	13	14	15				
9.04	-	55,20	56,35	56,37	56,02	55,97	55,84	55,78	55,78	55,76	55,90	55,69			
20.04	23,62	49,11	55,73	56,01	55,78	55,69	55,60	55,54	55,54	55,17	55,58	55,44			
25.04	-	55,01	56,16	56,16	55,86	55,71	55,58	55,58	55,58	55,24	55,59	55,45			
26.04	39,92	44,37	55,92	56,10	55,89	55,73	55,66	55,62	55,62	55,17	55,59	55,50			
27.04	39,24	44,37	55,75	56,00	55,79	55,65	55,57	55,55	55,55	55,22	55,53	55,46			
28.04	39,40	44,33	55,65	55,97	55,77	55,62	55,56	55,54	55,54	54,91	55,49	55,41			
30.04	37,70	44,65	55,48	55,88	55,73	55,60	55,55	55,53	55,53	54,83	55,45	55,42			
2.05	37,80	44,67	55,37	55,82	55,70	55,57	55,51	55,50	55,50	54,81	55,42	55,38			
4.05	37,80	44,65	55,28	55,75	55,65	55,54	55,48	55,46	55,46	54,78	55,39	55,36			
8.05	33,70	46,22	55,17	55,63	55,57	55,47	55,45	55,43	55,43	54,90	55,39	55,32			
11.05	34,60	45,73	55,08	55,55	55,51	55,43	55,41	55,38	55,38	54,75	55,31	55,27			
15.05	34,61	45,51	54,97	55,44	55,40	55,33	55,32	55,32	55,32	54,64	55,22	55,18			
22.05	34,90	45,60	54,84	55,29	55,31	55,27	55,28	55,27	55,27	54,65	55,19	55,16			
27.05	34,80	45,62	54,88	55,30	55,19	55,17	55,18	55,19	55,19	54,57	55,13	55,09			
31.05	34,30	45,57	54,90	55,32	55,12	55,10	55,11	55,16	55,16	54,55	55,06	55,04			
15.11	-	52,93	53,40	53,66	53,55	53,48	53,50	53,41	53,41	53,37	53,59	53,41			
20.11	31,58	43,32	53,67	53,94	53,53	53,45	53,48	53,40	53,40	52,98	53,46	53,37			
24.11	31,58	43,50	53,42	53,78	53,51	53,41	53,45	53,38	53,38	52,84	53,41	53,31			
27.11	32,19	43,61	53,35	53,68	53,49	53,38	53,42	53,36	53,36	52,83	53,38	53,32			
1.12	32,64	42,76	53,27	53,62	53,47	53,36	53,40	53,33	53,33	52,77	53,35	53,29			

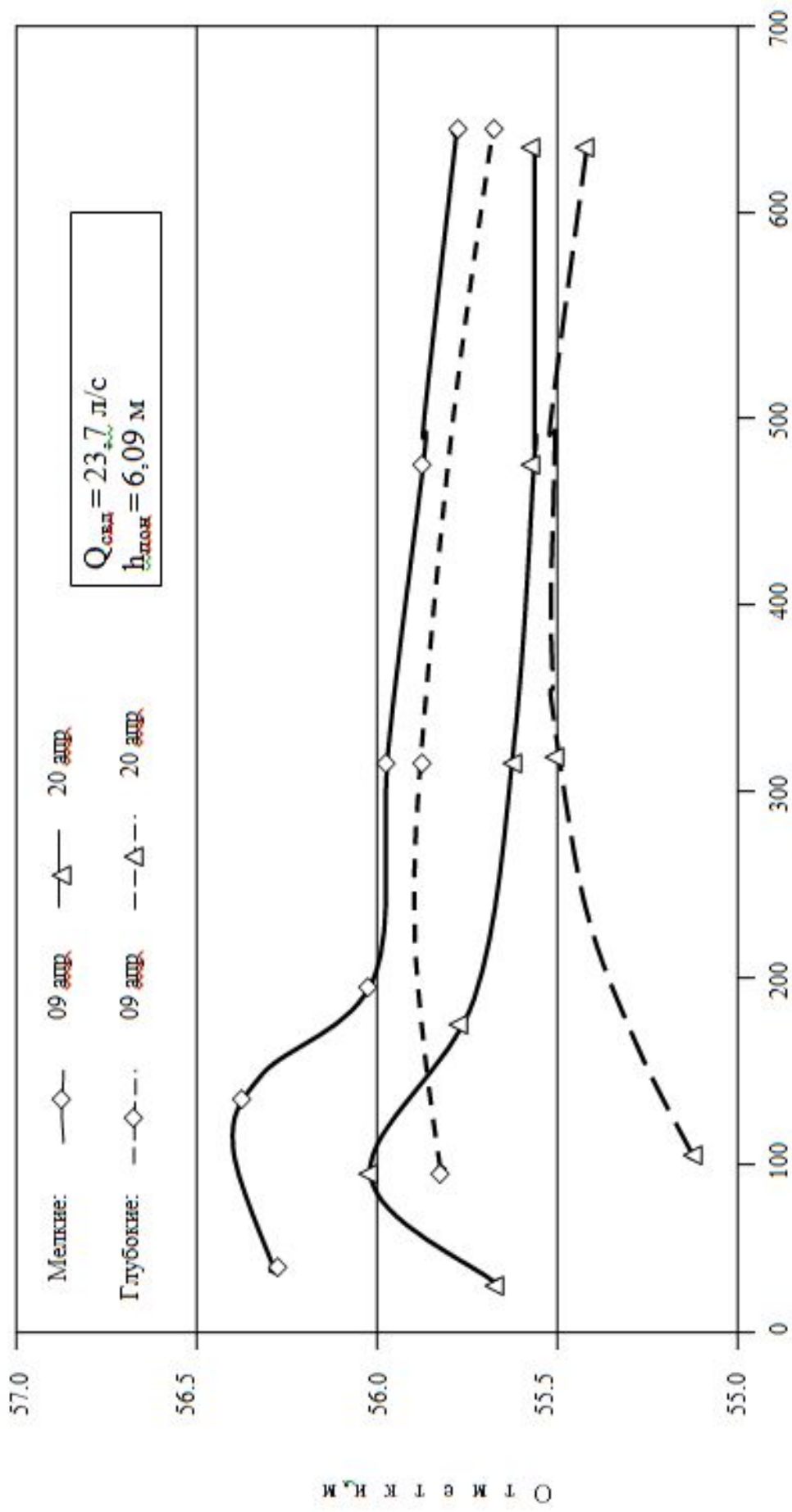


Рис. 3.3. Снижение уровня грунтовых вод на различном удалении от СВД в период с 13 по 22 апреля

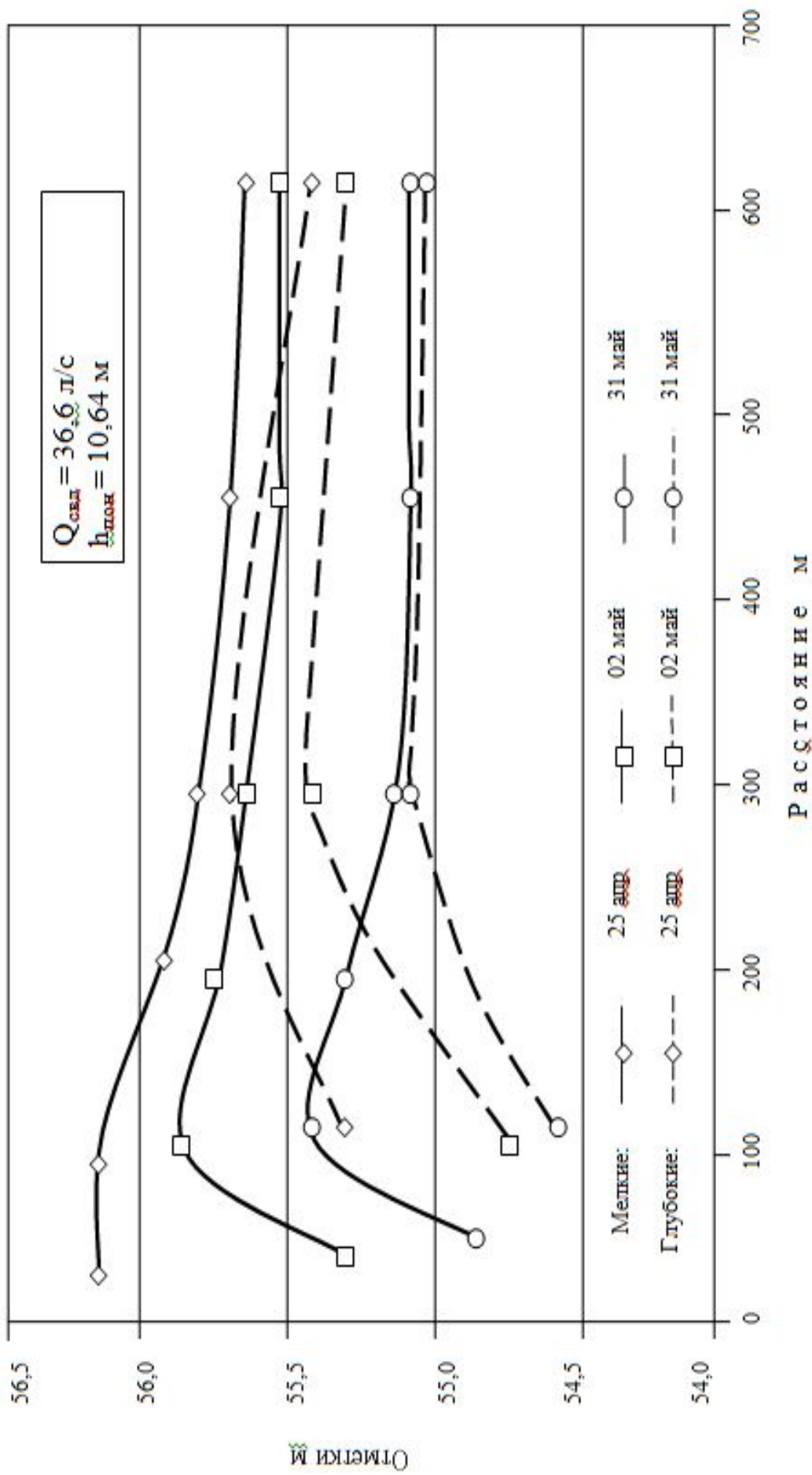


Рис. 3.4. Снижение уровня грунтовых вод на различном удалении от СВД в период с 25 апреля по 31 мая

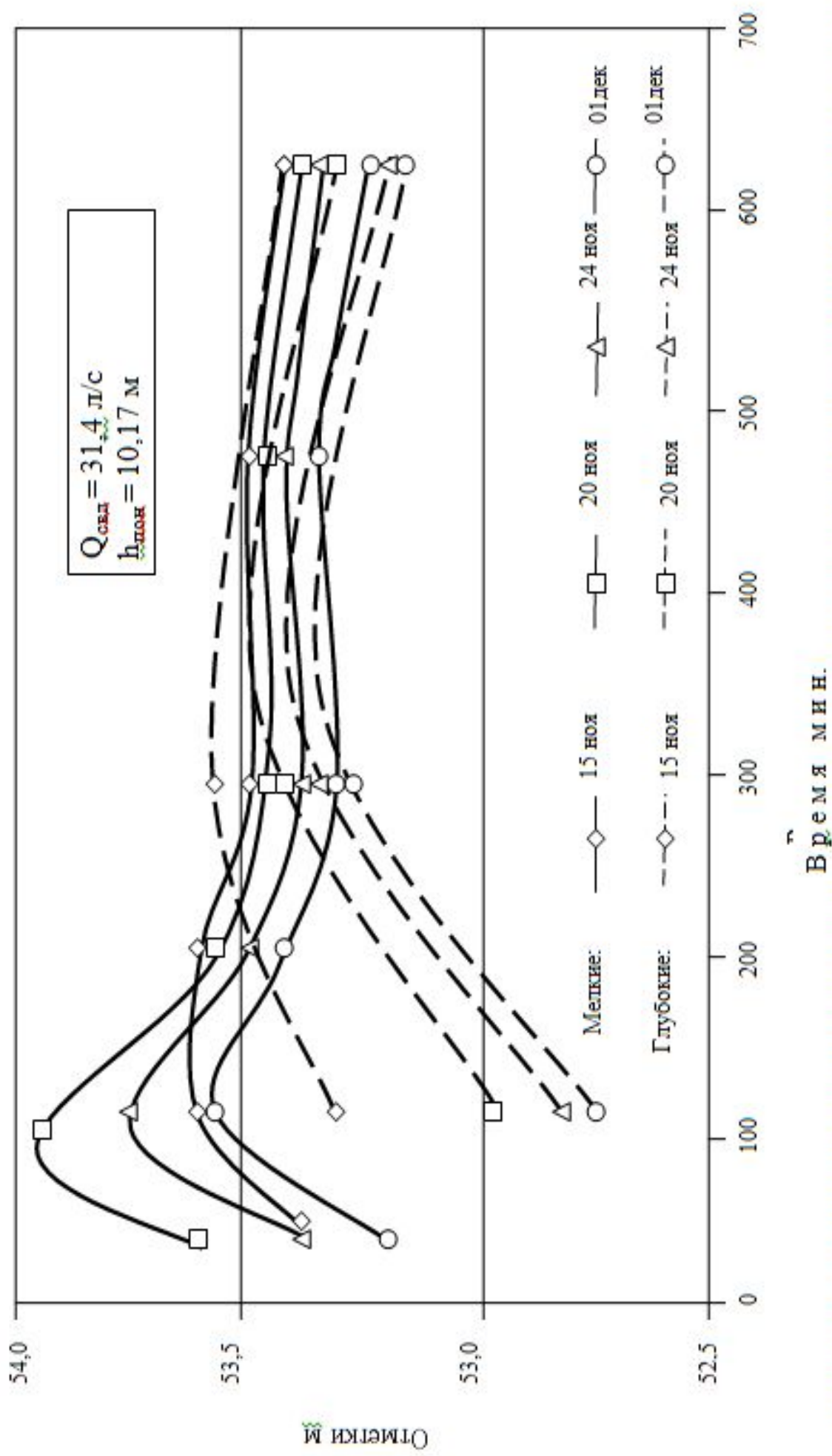


Рис. 3.5. Снижение уровня грунтовых вод на различном удалении от СВД с 18 ноября по 1 декабря

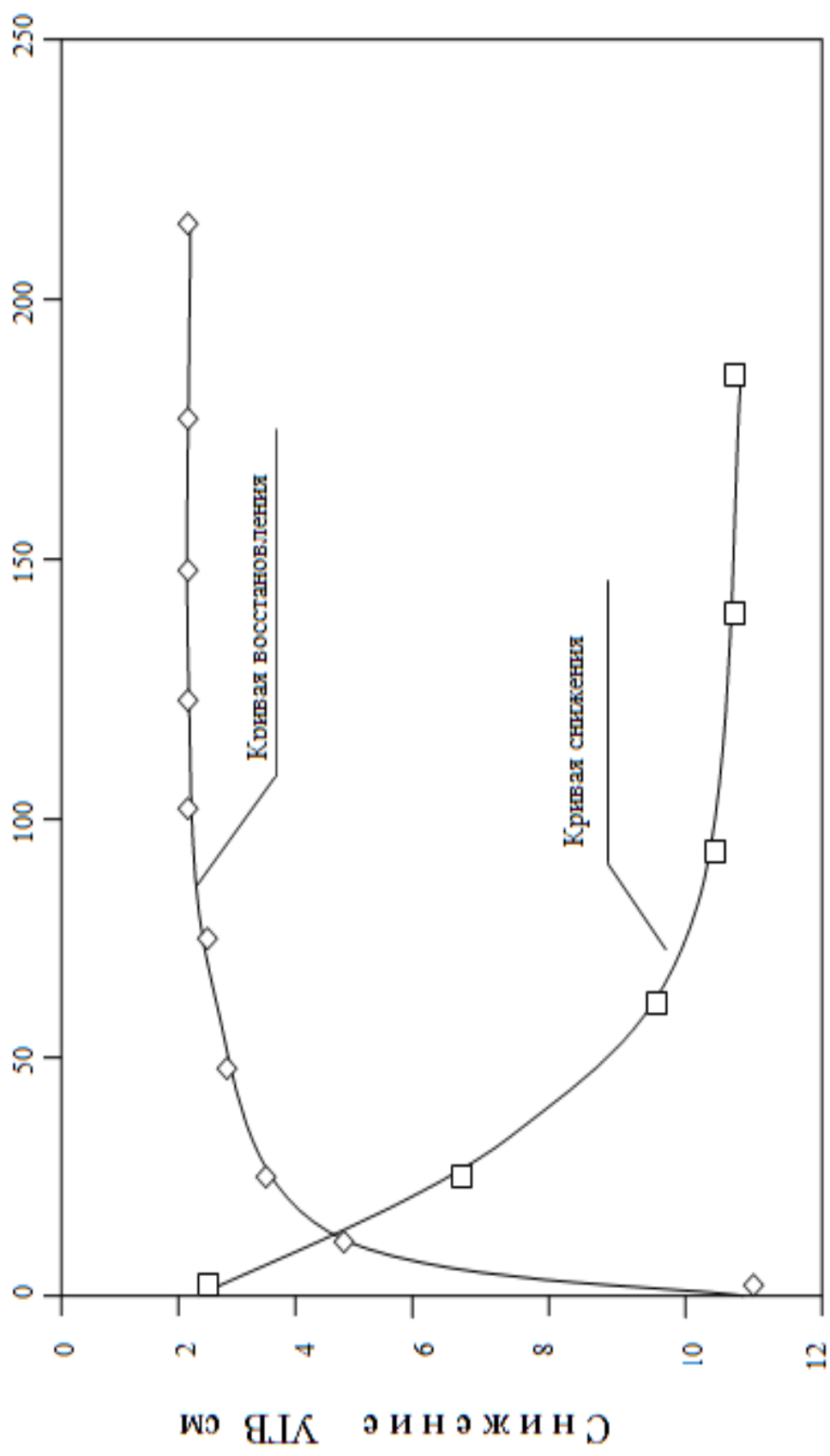
Таблица 3.3. снижение уровня грунтовых вод на различном удалении от СВД при  $Q_{свд} = 36,6$  л/с и КПр= 0,92; см

Время работы СВД сут.	Наблюдательные скважины/расстояние													
	мелкие							глубокие						
	3/44	2/112	4/200	5/328	6/480	7/620	13/112	14/328	15/620					
1	24	6	-3	-2	-8	-4	7	0	-5					
2	41	16	7	6	1	3	2	6	-1					
3	51	19	9	9	2	4	33	10	4					
5	68	28	13	11	3	5	41	14	3					
7	79	34	16	14	7	8	43	17	17					
9	88	41	21	17	10	12	46	20	19					
11	91	45	24	20	11	13	34	17	11					
13	99	53	29	24	13	15	34	20	13					
16	108	61	35	28	17	20	49	28	18					
20	119	72	46	38	26	26	60	37	27					
27	132	87	55	44	30	31	59	40	29					
32	128	86	67	54	40	39	67	46	36					
36	126	84	74	61	47	46	69	53	41					

Таблица 3.4. Глубина залегания грунтовых вод на исследуемой площадке

Глубина залегания подземных вод	М е с я ц ы							
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	
Рекомендуемая*	2,2-2,5	2,2-2,5	2,5-2,9	2,5-2,9	2,5-2,9	2,5-4,0		
Фактическая: грунтовые напорные	1,5 1,8	1,9 2,2	2,3 2,3	2,5 2,5	2,8 2,8	3,2 3,1	3,6 3,6	

\* - по рекомендациям доктора [Robin Wardlaw](#)



Ри. 3.6. Кривые скорости искусственного снижения и естественного восстановления УГВ в

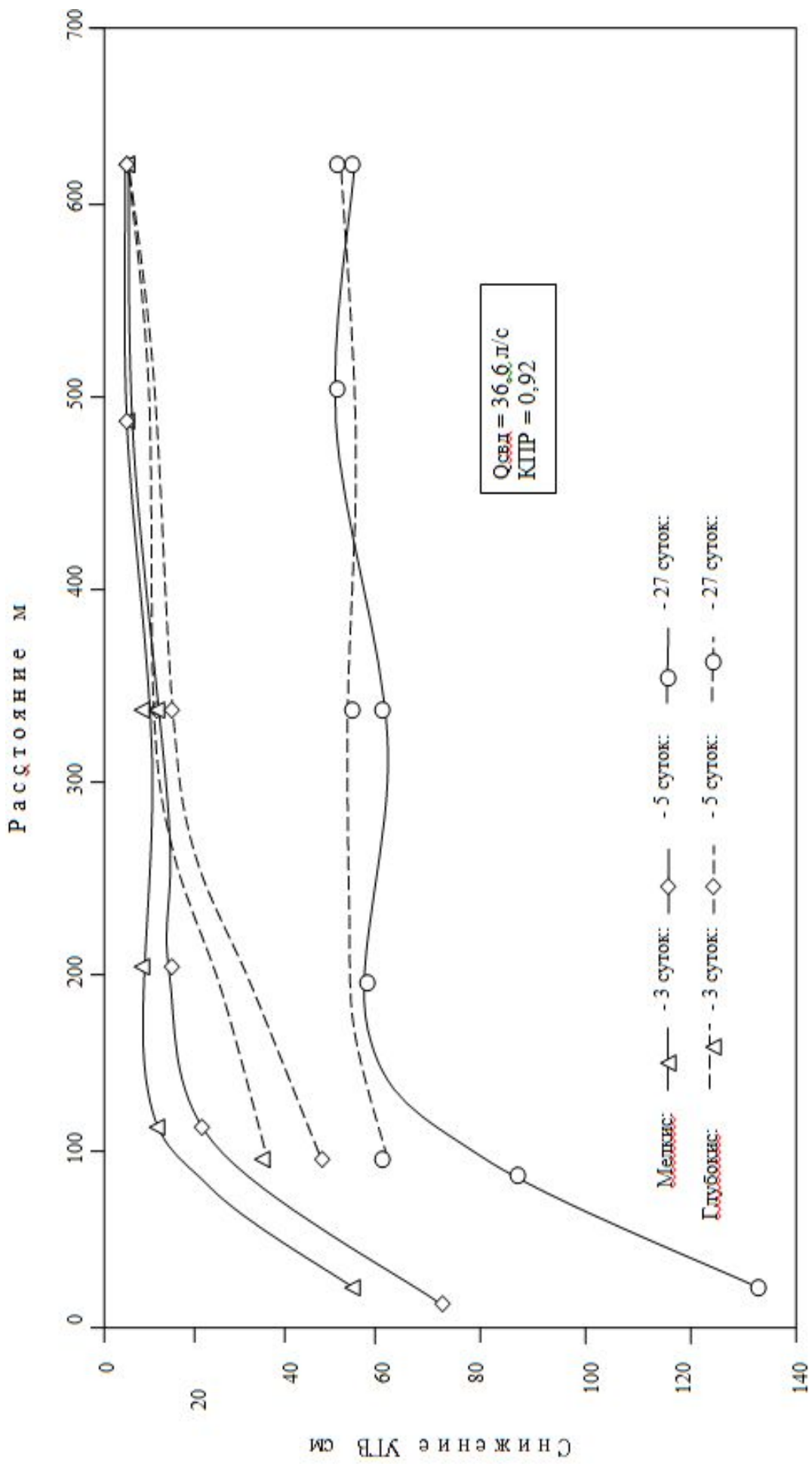


Рис. 3.7. Снижение уровня УГВ в зависимости от продолжительности работы СВД



Таблица 3.5. Глубина залегания и минерализация грунтовых вод, мг/л

Номер скважины	Расстояние от СВД, м	Дата									
		28.02	14.04	31.05	17.07	28.08	28.09	29.10	1.12		
3	44	0,23	1,36	2,39	0,50	1,88	2,84	3,70	4,02		
		2,299	2,204	2,259	2,405	2,053	2,335	2,458	1,735		
2	112	-0,06	1,14	1,93	1,55	2,19	2,87	3,40	3,63		
		2,798	2,773	2,754	2,984	2,820	3,029	3,167	1,757		
4	200	0,19	1,26	2,01	2,63	2,91	3,26	3,46	3,66		
		3,625	3,876	3,605	3,895	3,705	4,136	3,988	2,566		
5	328	1,79	1,73	2,42	3,03	3,39	3,67	3,92	4,16		
		4,414	4,573	4,678	5,099	5,006	5,253	4,747	3,505		
6	480	3,36	1,61	2,19	2,76	3,17	3,44	3,67	3,90		
		6,749	6,894	6,909	7,014	6,928	8,305	8,378	4,757		
7	620	3,29	1,61	2,10	2,71	3,17	3,51	3,72	3,89		
		9,286	10,065	10,266	14,243	13,291	14,732	13,082	7,077		
сред		1,47	1,45	2,17	2,20	2,79	3,27	3,65	3,88		
		4,862	5,064	5,079	5,940	5,634	5,798	5,970	3,566		
13	112	1,57	1,77	2,57	2,32	2,68	3,16	3,93	4,35		
		2,905	3,044	3,058	3,385	2,873	3,062	2,559	2,267		
14	328	2,55	1,88	2,47	2,63	3,02	3,45	3,84	4,18		
		2,680	2,728	2,588	2,902	3,636	2,575	2,581	2,036		
15	620	2,81	1,70	2,17	2,57	2,94	3,38	3,72	3,92		
		3,884	3,767	3,985	4,369	4,612	4,132	3,899	3,302		
сред		2,31	1,78	2,40	2,51	2,88	3,33	3,83	4,15		
		3,156	3,180	3,210	3,552	3,707	3,256	3,013	2,535		

Масштаб	Номер слоев	Геология/индекс	Описание пород	Катег. грунт		Глубина залегания подошвы слоя	Мощность слоя	Литологический разрез и конструкция скважин	Пьезометрическая уroveň	Трубы		Фильтр		Тип и размер флюта	Проектная характеристика скважины
				По устоячив.	По буримос.					Диаметр, мм	Интервал	Тип и диаметр фильтра	Интервал установки		
10	1		СУТЛИНОК серый плотный	I	III	45	45		5,0						
20	2		песок мелкозернистый	II	II	60	15				219/ 205	+0 5	167 179		
30	3		СУТЛИНОК	I	III	70	10								
40	4		песок разнoзернистый ПЛОСЛОЯМИ СУТЛИНКА	II	III	136	66								
50	5		СУТЛИНОК	I	III	165	29					140			
60	6		песок разнoзернистый с галькой	II	II	180	15								
70	7		СУТЛИНОК плотный	I	III	190	10								
80	8		песок разнoзернистый	II	II	208	18								
100															
110															
120															
130															
140															
150															
160															
170															
180															

Рисунок 3.7. проектный геолого-технический разрез скважины

### **3.3 Исследование прочностных характеристик и фильтрационных свойств слабых водонасыщенных грунтов в районе расположения резервуаров чистой воды**

Как известно, фильтрационные характеристики слабых водонасыщенных грунтов определяют сроки консолидации и как правило используются для расчетов осадок фундаментов промышленных и гражданских сооружений во времени, при расчетах искусственных оснований и т. д.

Результаты ранее проведенных Абелевым М.Ю. [43], опытов в МИСИ им. В.В.Куйбышева на слабых водонасыщенных грунтах различного генезиса, свидетельствуют о том, что фильтрационные свойства таких грунтов обладают рядом особенностей.

Здесь было установлено, что фильтрация во многих видах слабых грунтов подчиняется закону, несколько отличному от закона Дарси (начальный градиент напора). В 1963 году начальный градиент напора был зафиксирован автором при изучении фильтрационных свойств самых разных слабых водонасыщенных грунтов. Более подробно физико-механическая природа явления начального градиента напора при фильтрации приведена в монографии автора [46].

Многочисленные исследования фильтрационных свойств показали, что в отличие от других видов слабых грунтов величины коэффициента фильтрации и начального градиента напора при фильтрации в процессе уплотнения слабых водонасыщенных грунтов существенно меняются.

Из исследования фильтрационных свойств, слабых водонасыщенных грунтов, проводимых на приборах Ф-1 М, (компрессионно-фильтрационные) видно, что в процессе уплотнения между изменением коэффициента фильтрации и коэффициентом пористости указанных грунтов существует логарифмическая зависимость. Фильтрационные характеристики слабых водонасыщенных грунтов в зависимости от их структурных свойств и

действующих при фильтрации градиентов напора существенно изменяются во времени. Так, при больших градиентах напора проницаемость этих грунтов с малым содержанием глинистых частиц (лессовидные супеси) с течением времени увеличиваются и коэффициент резко возрастает.

Следует отметить, что из-за анизотропности большинства слабых водонасыщенных грунтов значение коэффициента фильтрации в вертикальном и горизонтальном направлениях могут различаться более чем в 10 раз. Так как для решения многих инженерных задач необходимо располагать значением коэффициента фильтрации в горизонтальном направлении, то при инженерно-геологических исследованиях коэффициент фильтрации и начальный градиент напора при фильтрации воды следует определять отдельно – при вертикальном (вверх) и горизонтальном движении воды через образец.

Таким образом, при проведении исследования фильтрационных свойств слабых водонасыщенных грунтов необходимо установить следующие характеристики: коэффициент фильтрации и начальный коэффициент напора для образца грунта естественной пористости; то же, для образца грунта после уплотнения его давлением 0,3 - 0,5 МПа; коэффициент фильтрации и начальный градиент напора для аналогичных состояний грунта при горизонтальном движении воды через образец, а так же установить, как изменяются перечисленные характеристики в течении длительного отрезка времени.

Полевые и лабораторные исследования проводились по апробированной многолетней практикой методикам /4-7/. Водно-физические свойства грунтов изучались на каждом плотном участке на специальных площадках, расположенных по конвертной схеме. Определялись водопроницаемость, наименьшая влагоемкость, плотность, их механический состав. Отбор грунтовых образцов производился из шурфов до уровня грунтовых вод, а также буром из различных горизонтов (0-20, 20-40, 40-60см и т д). Для обеспечения надежности проведения исследований и получения

достоверных данных, бурение на каждой площадке проводилось в трех точках. Высушивание грунта до абсолютно сухой массы осуществлялось в электротермостатах при температуре 105-110°С.

Наименьшая влагоемкость устанавливалась методом залива площадок. Водопроницаемость и коэффициент фильтрации грунтов определялись детально методом рам и с помощью прибора Нестерова на трех уровнях поверхности грунта, глубинах 0,5 и 1,0м. Плотность грунтов устанавливалась путем отбора образцов методом режущего кольца с последующим их высушиванием в термостате, плотность твердой фазы – пикнометрическим методом, механический состав - методом пипетки. Максимальная молекулярная влагоемкость грунтов определялась с помощью полевой лаборатории Литвинова по методике А.Ф.Лебедева, максимальная гигроскопичность – по методу Э.А.Митчерлиха.

Поступление грунтовых вод определялось, при различном их залегании определялась по методу С.Ф.Аверьянова [43].

Приведенные здесь материалы – результаты полевых и лабораторных исследований на исследуемой площадке.

На рис 3.10 показаны кривые, наглядно характеризующие впитывание воды в грунт по отдельным точкам. По таким кривым можно устанавливать значения скорости впитывания за любой отрезок времени, начиная с первых минут, когда оно имеет максимальное значение, и до момента времени, когда происходит ее стабилизация на минимальном уровне, зависящим от свойств грунтов. Основные показатели водопроницаемости грунтов – скорость впитывания в конце первого часа, средняя скорость впитывания за первый час наблюдений, коэффициент фильтрации несколько отличаются между собой (табл 3.6).

Здесь  $K_1$  – скорость впитывания воды в конце первого часа м/час;

$K_0$  - средняя скорость впитывания за первый час м/час;

$K_f$  - коэффициент фильтрации м/сут.

Таблица 3.6. Показатели водопроницаемости грунтов на исследуемой строительной площадке

Глубина определения, м	Номера точек	Показатели		
		$K_1$	$K_0$	$K_{\Phi}$
1	2	3	4	5
С поверхности	1	0,004	0,007	0,036
	4	0,003	0,004	0,046
	7	0,007	0,018	0,062
	10	0,004	0,007	0,058
	13	0,007	0,013	0,062
	1-13	0,005	0,010	0,053
0,5м	2	0,024	0,032	0,422
	5	0,032	0,082	0,257
	8	0,049	0,064	0,788
	11	0,070	0,104	0,965
	14	0,055	0,067	1,238
	2-14	0,046	0,070	0,732
1,0м	3	0,060	0,064	1,306
	6	0,078	0,118	1,000
	9	0,062	0,064	1,454
	12	0,044	0,046	1,075
	15	0,112	0,127	1,958
	3-15	0,071	0,098	1,495

Из таблицы видно, что средняя за первый час скорость впитывания составляет 0,004 – 0,018 м/час. На глубинах 0,5 и 1,0м она увеличивается соответственно в 7,0 – 9,8 раза. Изменение глубины поверхности впитывания особенно резко отражается на значениях коэффициента фильтрации. Последние изменяются от 0,036м/сут до 0,117 м/сут на поверхности, 0,173 м/сут до 1,656 м/сут на глубине 0,5 м и от 0,710 м/сут до 1,958 м/сут на глубине 1,0м. Этот момент необходимо отметить поскольку столь значительное изменения значений одного из важных показателей водопроницаемости грунтов – коэффициента фильтрации – могут повлиять на точность определения параметров с его использованием. Поэтому в полевых исследованиях изучению этих характеристик уделялось особое внимание.

Показатели наименьшей влагоемкости грунтов на участках приведены в таблице 3.7, и наглядно по отдельным точкам – на рисунках 3.9, 3.10. Для верхнего метрового слоя она составляет 19,2% от массы абсолютно сухой почвы на участке.

Таблица 3.7. Наименьшая влагоемкость грунтов на исследуемой площадке, % от мсп

Горизонт, см	Наименьшая влагоемкость %
0-20	21,1
20-40	17,4
40-60	18,0
60-80	19,2
80-100	20,2
100-120	20,4
120-140	20,6
140-160	20,3
160-180	20,1
180-200	20,3
0-100	19,2
100-200	20,3
0-200	19,8

По отдельным горизонтам наименьшая влагоемкость изменяется от 17,4% до 21,1% на исследуемом участке. Во втором от дневной поверхности метровом слое она составляет соответственно 20,3%.

Средние значения максимальной молекулярной влагоемкости (ММВ), наибольшего количества воды, которое может быть удержано силами молекулярного притяжения грунтов, для метрового слоя равны 12,8% от массы сухого грунта на исследуемом участке, по отдельным точкам ММВ изменяется соответственно от 12,3% до 13,6%.

Таблица 3.8. Максимальная молекулярная влагоемкость почв на исследуемых участках, % от мсп

Горизонт см	Номера точек					
	3	6	9	12	15	сред
0-20	13,5	12,1	12,5	12,7	12,5	12,7
20-40	13,7	11,4	12,9	12,8	12,7	12,7
40-60	13,4	12,6	13,0	13,1	12,7	13,0

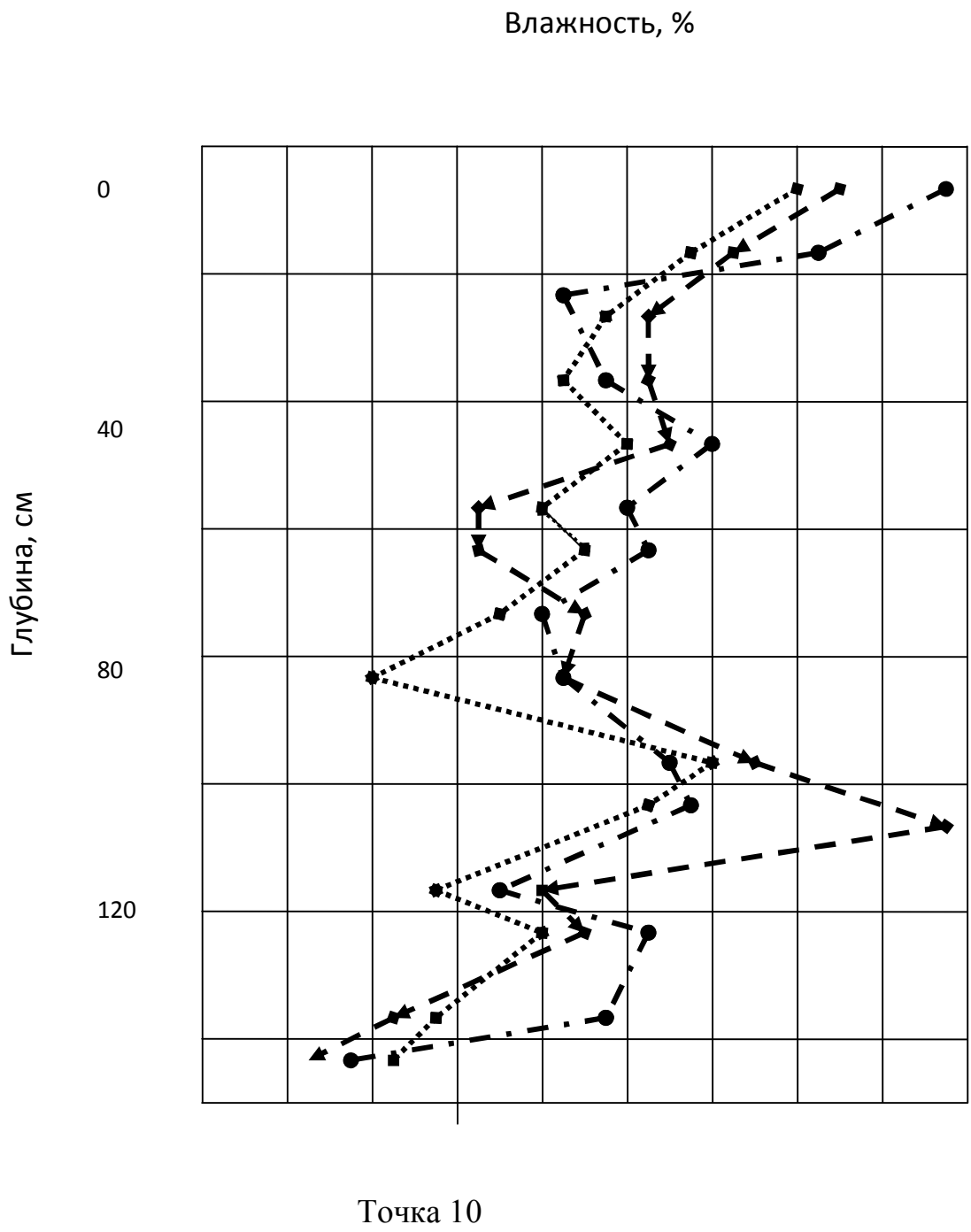
60-80	12,5	12,5	13,4	12,6	12,3	12,7
80-100	14,7	13,1	13,9	12,8	12,0	13,3
0-100	13,6	12,3	13,1	12,8	12,4	12,8

Плотность метрового слоя составляет  $1,52 \text{ т/м}^3$  для грунтов исследуемого участка. Наименьшие значения плотности отмечены в верхнем (0-20см) горизонте,  $1,41-1,45 \text{ т/м}^3$ , наибольшие –  $1,56-1,7 \text{ т/м}^3$  в слое (20-40см). таблица 3.9.

Таблица 3.9. Показатели плотности и пористости грунтов на исследуемой строительной площадке

Горизонт т, см	Плотность почвы, $\text{т/м}^3$	Плотность твёрдой фазы $\text{т/м}^3$	Пористос- ть, %
0-20	1,42	2,65	46,2
20-40	1,67	2,63	36,5
40-60	1,54	2,62	41,3
60-80	1,48	2,60	42,9
80-100	1,47	2,66	44,4
100-150	1,48	2,68	44,6
150-200	1,49	2,69	44,8
200-250	1,48	2,69	45,0
250-300	1,49	2,67	44,1
0-100	1,52	2,64	42,3
100-200	1,49	2,69	44,7
0-200	1,51	2,67	43,5
200-300	1,49	2,68	44,6
0-300	1,50	2,67	43,8

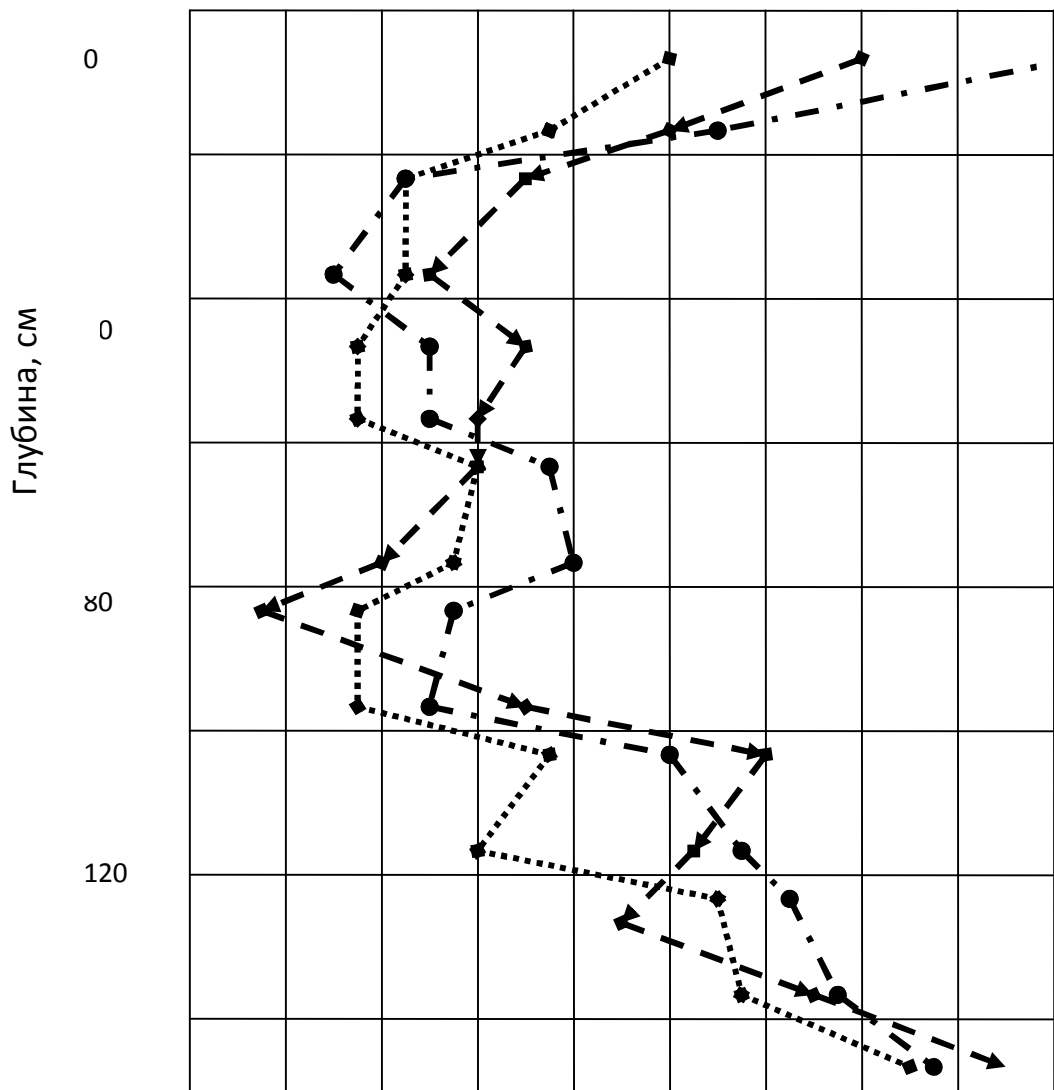




Повторности 1 - ◆.....◆ 2 - ◆---◆ 3 - ●-.-.-●

Рис.3.8 Изменение влажности при определении наименьшей влагоемкости грунтов строительной площадки

Влажность, %



Точка 10 - 1

Повторности 1 - ◆.....◆ 2 - ▲- - - - -▲ 3 - ●- . - . - . - ●

Рис.3.9 Изменение влажности при определении наименьшей влагоемкости грунтов строительной площадки

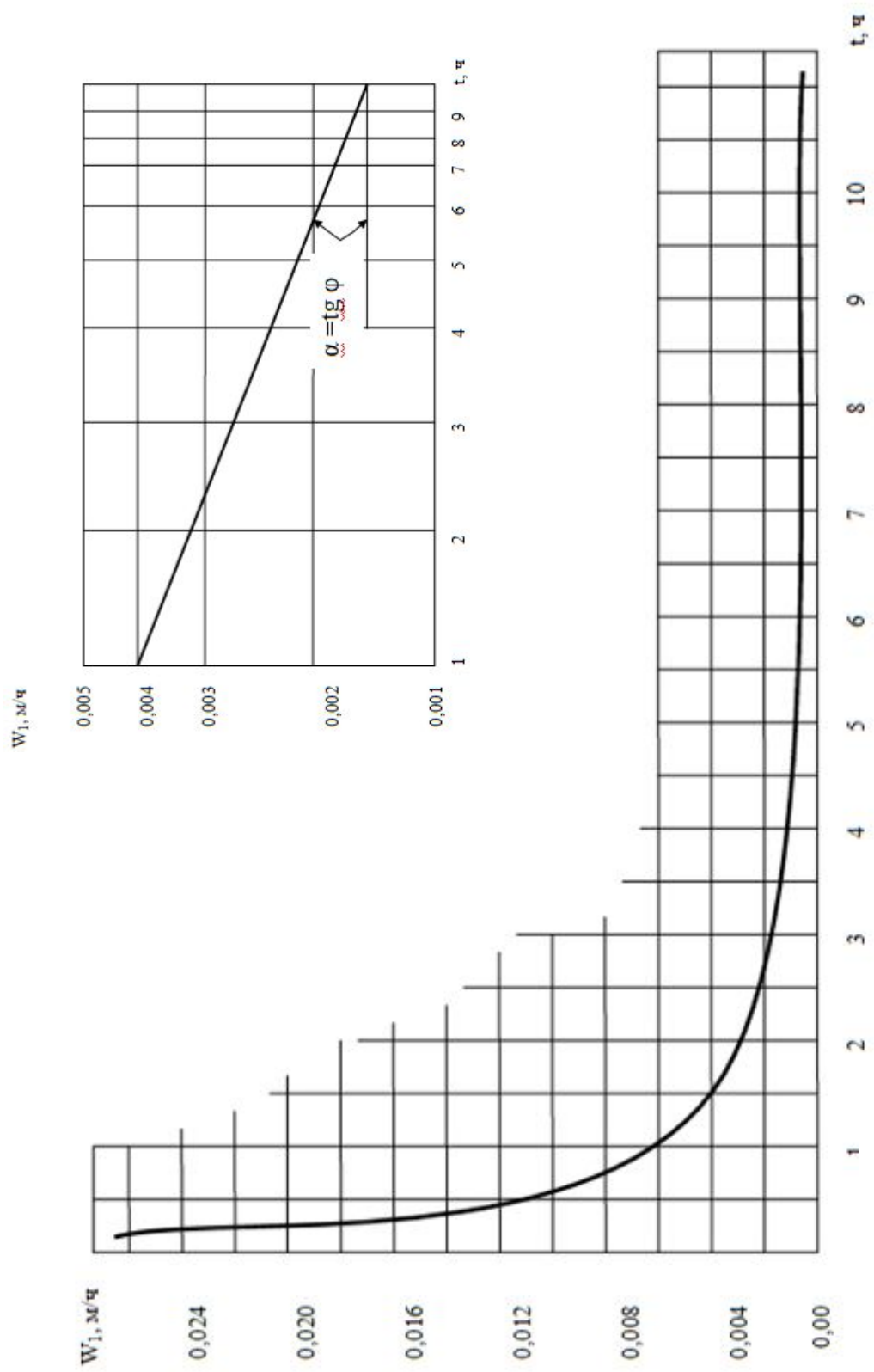


Рис. 3.10 Кривая впитывания воды в грунт на исследуемой площадке

## Выводы

1. Экспериментально установлены значения коэффициентов  $\beta_3$  для стенок и днища прямоугольного в плане сооружения – резервуара чистой воды в зависимости от высоты наполнения резервуара;

2. Определены кривые впитывания воды в грунт, наглядно характеризующие впитывание воды в грунт по отдельным точкам. По кривым можно устанавливать значения скорости впитывания за любой отрезок времени, начиная с первых минут, когда оно имеет максимальное значение, и до момента времени, когда происходит ее стабилизация на минимальном уровне, зависящим от свойств грунтов.

3. Определена динамика изменения влажности в зависимости от наименьшей влагоемкости слабых водонасыщенных грунтов.

4. Экспериментально определены параметры плотности и пористости слабых водонасыщенных грунтов в зависимости от глубины и плотности залегания грунтов лабораторным путем.

5. Экспериментально установлены показатели водопроницаемости грунтов и максимальная молекулярная влагоемкость грунтов на исследуемой площадке. Водопроницаемость грунтов или так называемая скорость впитывания составляет 0,004-0,018 м/сут, влагоемкость изменяется в пределах 17-20%.

6. Результаты исследований работы скважины вертикального дренажа показывают, что даже кратковременные периоды ее действия (10-36 сут.) при дебите 24-37 л/с с коэффициентом полезной работы 0,7-0,9 снижали пьезометрические напоры подземных вод в радиусе до 500 м. Уровень воды в СВД понижался

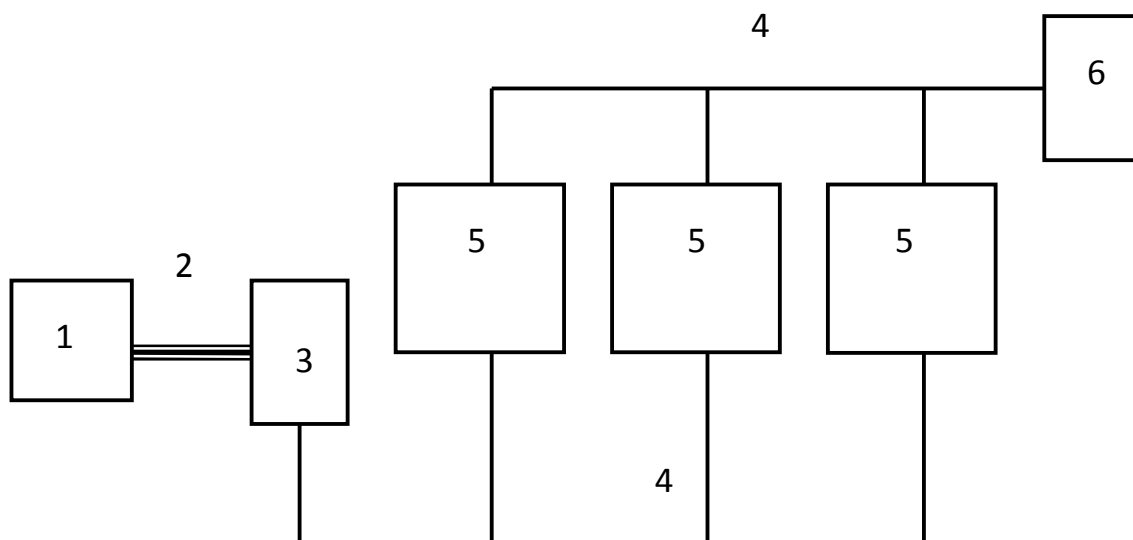
на 6,1-10,6 м, при этом скорость естественного восстановления УГВ в 1,5-2 раза превышает скорость снижения УГВ.

## ГЛАВА 4.

### РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ И СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСА РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ

#### 4.1 Расчета надежности комплекса водоподачи в г.Шымкент

Комплекс резервуаров чистой воды состоит из насосной станции второго подъема, водовода, трех резервуаров чистой воды, одного с объемом 3000 м<sup>3</sup> и двух резервуаров объемами по 6000 м<sup>3</sup>, подводящими и отводящими трубопроводами, камерами переключений, оборудованных системой задвижек: (рисунок 4.1).



**Рис 4.1** – схема комплекса резервуаров чистой воды г. Шымкента

1 – насосная станция второго подъема; 2 - водовод; 3 – камера переключений (задвижки); 4 - трубопроводы; 5 –резервуары чистой воды; 6 – камера переключений.

Расчет надежности системы: насосная станция второго подъема – резервуар чистой воды.

Целью данного математического моделирования надежности является расчет вероятности отказов составляющих системы водообеспечения чистой водой г.Шымкента. Сооружения данной системы, как приведено выше, состоят из насоса (сложной аппаратуры), водовода выполненного из пластиковых труб диаметром 800 мм, резервуаров чистой воды, выполненных из отдельных железобетонных элементов: днище, стены, гидроизоляция, и т.п. Система оборудована различными механизмами (поплавки, обратный клапан), подводящими, отводящими и переливными трубопроводами, камерами переключений с системой задвижек разной функциональности и т.д. Основные элементы днищ, стен, перегородок и перекрытий выполнены из железобетонных изделий, соединенные цементными и гидроизоляционными швами.

Суть бесперебойного снабжения населения города предполагает реализацию общего принципа безопасности и надежности таких объектов [11]. Данный показатель зависит от свойств и характеристик защитных (прочностных) характеристик элементов системы водообеспечения, их работоспособности и надежности в случае сейсмоопасности и других природных катаклизмов. Следовательно, количественную оценку степени надежности и бесперебойности работы системы водообеспечения можно произвести через характеристики надежности составляющих резервуара чистой воды, в частности путем оценки вероятности сбоя (отказа).

Если система даст сбой (отказ), то такое событие в той или иной степени считается аварийным, поскольку это грозит нарушению системы бесперебойного обеспечения питьевой водой. В общем случае аварийное

событие (выход из строя использования резервуара чистой воды) складывается из отдельных видов отказов элементов системы водообеспечения. Аналогичные последовательные события (отказы) называются сценарием, а таких сценариев в процессе эксплуатации множество. Совокупность (сумма) всех сценариев образует дерево событий. Дерево возможных аварийных событий для системы очистки показано на рисунке 4.2.

Любой из сценариев с порядковым номером  $n = 1, 2, 3, \dots, N$  ( $N=64$  для случая на рисунке 4.2 может реализоваться с вероятностью  $P_N$ ), причем

$$\sum_{n=1}^N P_N = 1 \quad (4.1)$$

Здесь последний сценарий с номером  $N$  соответствует случаю безаварийной работы. Целью определения надежности является нахождение всех вероятностных событий  $P_n$  и вероятность отказа  $P_{от}$ . Если цепь вероятностных событий  $P_n$  и известны, то вероятность отказа вычисляется как вероятность того, что случится хотя бы один из отказов согласно дерева событий на рисунке 4.2.

$$\text{Имеем} \quad P_{от} = \sum_{n=1}^{N-1} P_n = 1 - P_N, \quad (4.2)$$

где  $N=2^M$  – количество сценариев;

$M$  – число подсистем, из которых состоит система водообеспечения. ( $M=6$ , количество объектов в системе).

На рисунке 4.2 выделены некоторые, представляющие наибольший интерес для анализа вероятности отказа одной из этих подсистем сценарии, т.е:

- сценарий 16: отказ водовода (система 2);
- сценарий 63: отказ третьего резервуара чистой воды (система 6).

Остальные промежуточные сценарии мы не приводим из – за их идентичности.

Обозначим через  $S_i$ ,  $i=1,2,3,4,5,6$ , вероятность отказа  $i$  – ой системы (насосная станция – водовод – резервуары чистой воды), а через  $\bar{S}_i = 1 - S_i$  – вероятность безотказной работы этой же системы. По дереву событий, есть возможность определить вероятность любого сценария  $P_n$  как произведение соответствующих вероятностей или  $S_i$  или  $\bar{S}_i$ , в зависимости от того, находится  $i$  – ая система в состоянии отказа или нет. Для формализации процедуры расчета вероятностей необходима величина  $k_i$  для каждой системы, с таким условием, что  $k_i=0$ , если система в состоянии отказа и  $k_i=1$ , если она в рабочем состоянии. В таком случае вероятность  $n$  – го сценария можно найти по формуле;

$$P_n = \prod_{i=1}^M S_i^{(1-k_i)} S_i^{k_i} \quad (4.3)$$

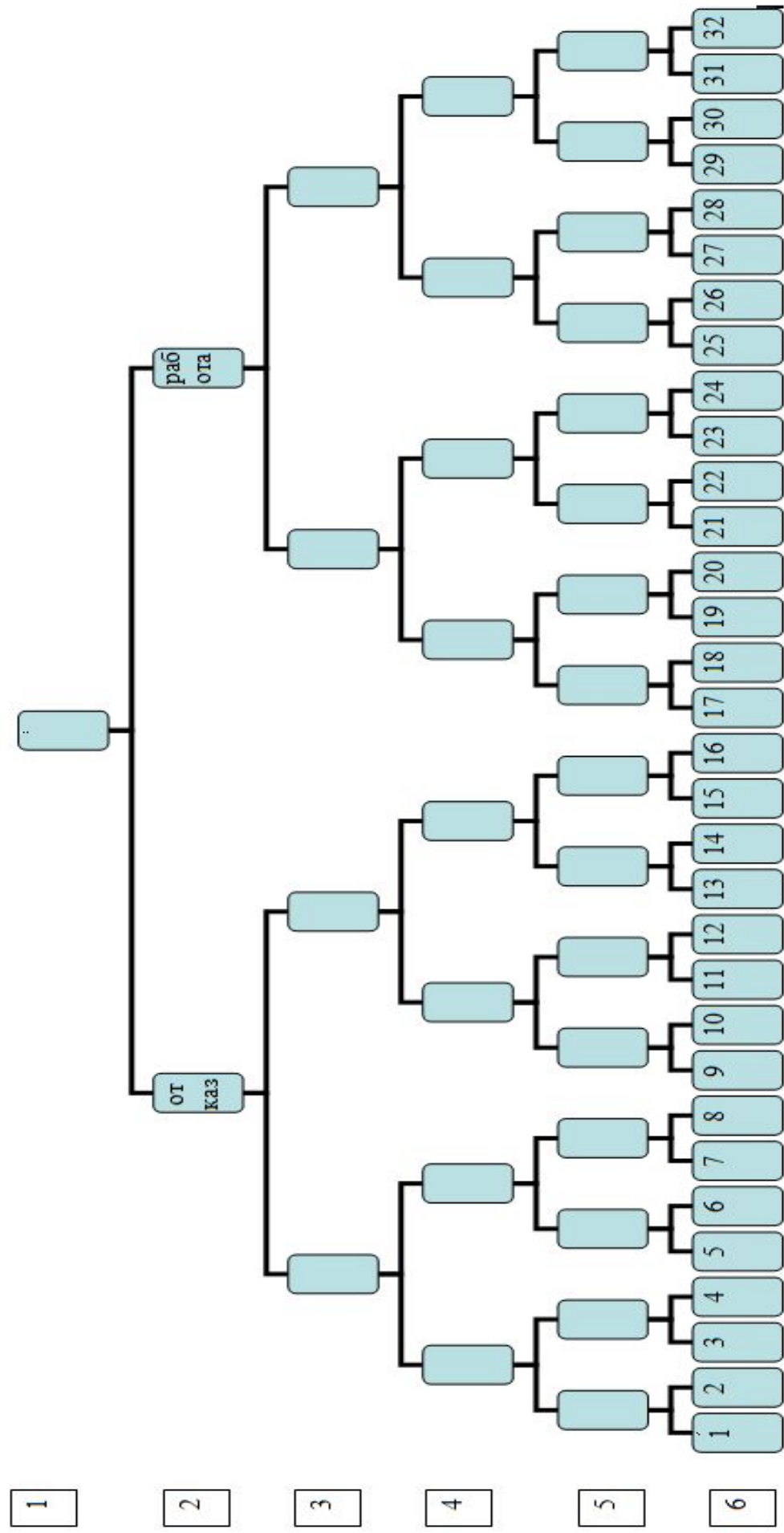
По итогам общего анализа всей структуры объекта (системы) исследований следует разработать и построить деревья отказов для отдельных подсистем резервуаров чистой воды. Каждое такое дерево отказов это структурно связанные звенья отдельных элементов той или иной системы объекта с позиции его надежности и безопасности. Здесь дерево отказов представляет собой взаимосвязанную цепь событий отказов составляющих элементов, как правило, соединенных логическими символами «И», «ИЛИ», соответствующими перемножению или сложению случайных событий отказов [2]. По каждому дереву отказов производится последующий расчет вероятностей отказов систем  $S_i$ . Обозначим вероятность отказа  $j$ -го элемента  $P_{j\lambda}$ . В этом случае, если  $J_u$  элементов соединены по схеме «И», т.е. происходит отказ этой группы элементов, когда отказывают одновременно все элементы, то вероятность отказа такой группы элементов следует рассчитывать по формуле

$$S_{\lambda} = \prod_{j=1}^{J_u} P_{j\lambda} \quad (4.4)$$



В случае, когда группа из  $J_{\text{или}}$  элементов соединены по схеме «ИЛИ», т.е. происходит отказ группы, при отказе хотя бы одного элемента из этой группы, то вероятность отказа рассчитывается по формуле:

$$S_{\lambda} = 1 - \prod_{j=1}^{J_{\text{или}}} (1 - P_{j\lambda}) \quad (4.5)$$



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

**С И С Т е М Ы**

Номер сценария

Рис. 4.2 . Дерево возможных аварийных событий

Для расшифровки вероятности отказа  $S_i$   $i$  – системы проанализируем дерево отказов на примере системы №3 – первого резервуара чистой воды. В силу идентичности все остальные резервуары чистой воды работают по аналогичной схеме.

В нашем случае первый резервуар чистой воды сооружение, состоящий из ряда элементов строительных конструкций и трубопроводов, их соединений со стеновыми панелями, строительных конструкций между собой, и т.д. В целях упрощения расчетов рассмотрим наиболее характерные элементы системы, отвечающие за надежность и безотказность работы:

1. Прямоугольный резервуар чистой воды
2. Подводящий трубопровод
3. Отводящий трубопровод
4. Переливной трубопровод
5. Пожарный трубопровод
6. Задвижки

В процессе эксплуатации отказ РЧВ происходит тогда, когда наступает одновременный отказ одного элемента 1 и отказ кого – либо из остальных элементов 2,3,... Физически отказ РЧВ связан с нарушением целостности его конструкции. Здесь это появление трещин в стене или днище, нарушение герметичности швов соединений стенки и днища, стеновых панелей между собой, мест соединения подводящих и отводящих трубопроводов и т.д. Так же отказ подводящего или отводящего трубопроводов. Причиной этих явлений может быть осадка грунтов. Все это в итоге приводит к неспособности системы обеспечивать бесперебойную подачу воды на городские нужды.

Дерево отказа резервуара чистой воды показано на рисунке 4.3

Расчет вероятности отказов отдельных элементов систем производится по формуле [15]:

$$P_{j^0} = 1 - e^{-\lambda_j t}, \quad (4.6)$$

где  $t$  – интервал времени с момента эксплуатации

$\lambda_j$  – интенсивность отказа  $j$  – го элемента системы;

Затем последовательно выполняется расчет вероятностей.

### 7. Задвижки трубопроводов (Камера переключений).

Порядок расчета.

1. Согласно дереву событий (рисунок 4.2), вероятность  $n$ -го сценария ( $n=16, 63$ ) соответствует отказу данной системы  $i$  (насосная станция – резервуар чистой воды) и рассчитывается на формуле

$$P_n = S_i, \quad (4.7)$$

где  $S_i$  – вероятность отказа  $i$ -го резервуара (их 4) как инженерно – строительного сооружения  $i=1, \dots, 3$ .

### 2. Вероятность отказа насосной станции

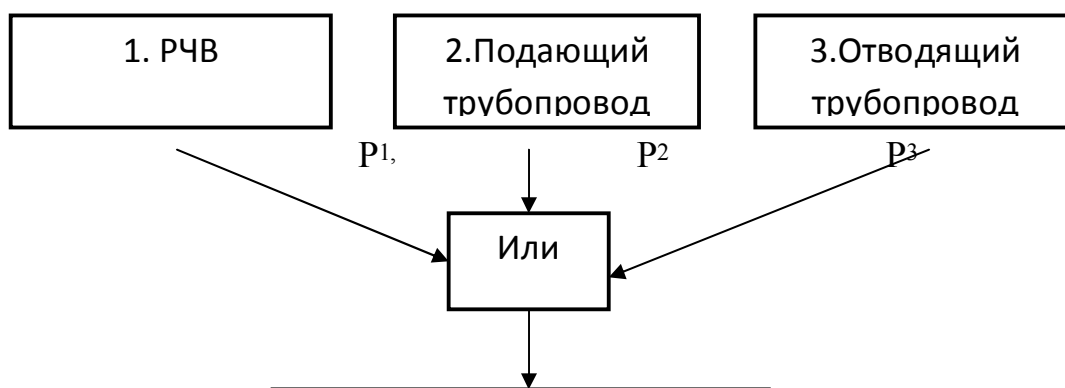
$$P_{jik} = 1 - \exp(-\lambda_j t), \quad (4.8)$$

где  $\lambda_j$  – интенсивность отказов  $j$  – го насоса.

### 3. Вероятность отказа резервуара чистой воды

$$S_i = 1(1 - P_{1г}) (1 - P_{2г}) (1 - P_{3г}), \quad (4.9)$$

где  $P_{1г}, \dots, P_{3г}$  – вероятности отказов групп элементов, составляющих резервуар чистой воды (рисунок 4.4). Тогда, согласно [7]



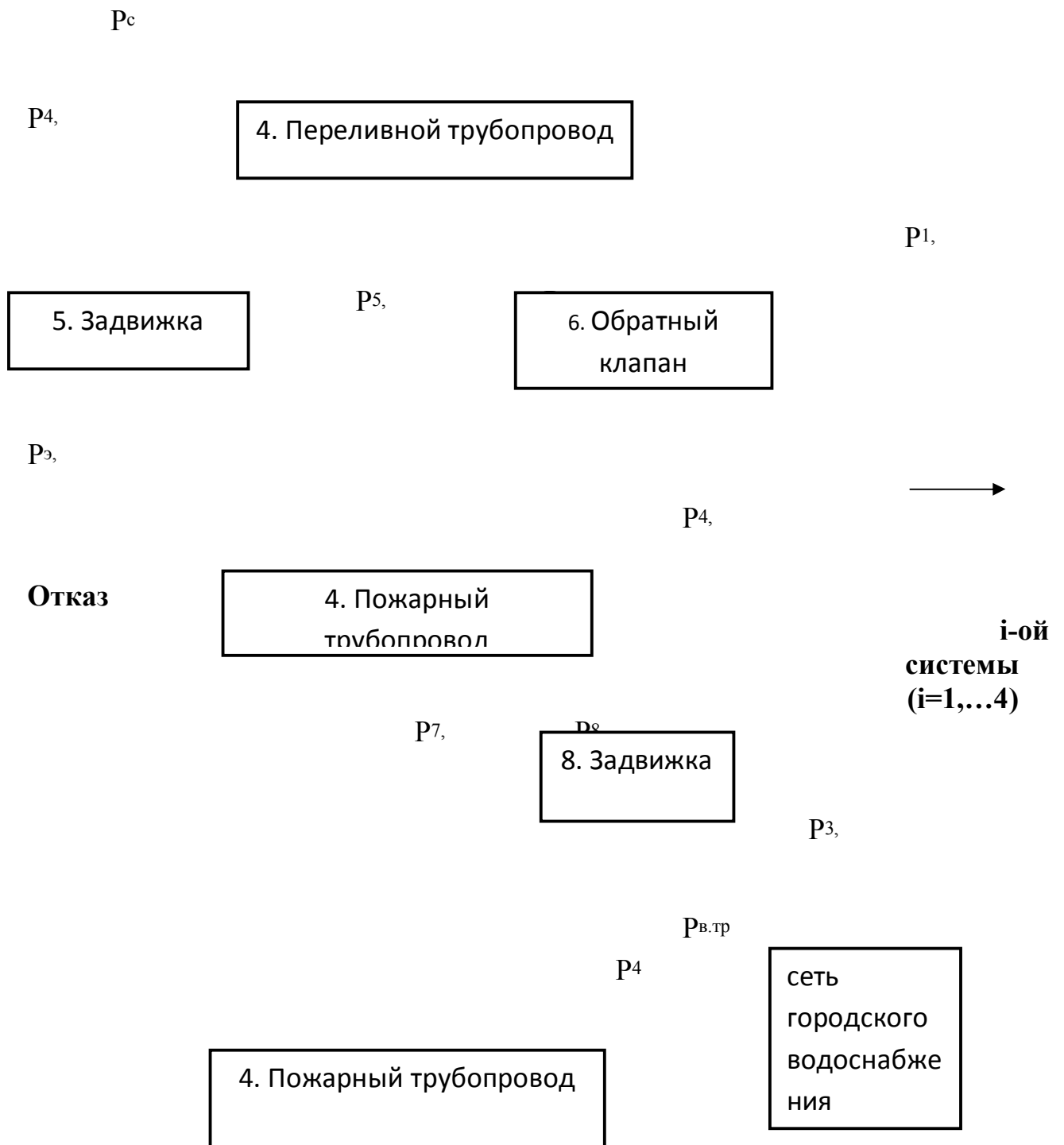


Рисунок 4.3 - Дерево отказов  $i$ -ой системы

$$P_{1Г} = P_{4э} \cdot P_0; \quad P_{2Г} = P_{4э} \cdot P_3; \quad P_{3Г} = P_{4э} \cdot P_в \quad (4.10)$$

где  $P_{4э}$  – вероятность отказа задвижек

$$P_{4э}(t) = 1 - e^{-\lambda_{сд} \cdot t}, \quad (4.11)$$

где  $\lambda_{сд}$  – интенсивность отказов.

4. Расчет вероятности отказов элементов резервуара чистой воды

$$P_0 = 1 - (1 - P_{1э}) (1 - P_{2э}) (1 - P_{3э}), \quad (4.12)$$

где  $P_{iэ}$  – вероятность отказов элементов резервуара чистой воды – днище ( $i=1$ ), стенка ( $i=2$ ), трубопровода ( $i=3$ ).

5. Расчет отказа днища

$$P_{1э} = 1 - e^{-\lambda_{\pi\delta}t}, \quad (4.13)$$

где  $\lambda_{\pi\delta}$  – интенсивность отказов днища.

6. Вероятность отказа задвижек

$$P_{2э} = 1 - e^{-\lambda_c t}, \quad (4.14)$$

где  $\lambda_c$  – интенсивность отказа задвижек.

7. Вероятность отказа трубопроводов

$$P_{3э} = 1 - e^{-\lambda_в t}, \quad (4.15)$$

где  $\lambda_в$  – интенсивность отказа трубопроводов.

8. Вероятность отказа днища резервуара чистой воды

$$P_{\delta} = 1 - (1 - P_{5э}) (1 - P_{6э}), \quad (4.16)$$

$$\text{где } P_{5э}(t) = 1 - e^{-\lambda_5 t} \quad \text{и} \quad P_{6э} = 1 - e^{-\lambda_6 t}, \quad (4.17)$$

а  $\lambda_5$  и  $\lambda_6$  – интенсивность отказов соответственно мест соединения и трещин днища.

9. Вероятность отказа подводящего трубопровода

$$P_в = 1 - (1 - P_{7э}) (1 - P_{8э}), \quad (4.18)$$

$$\text{где } P_{7э} = 1 - e^{-\lambda_7 t} \quad \text{и} \quad P_{8э} = 1 - e^{-\lambda_8 t}, \quad (4.19)$$

а  $\lambda_7$  и  $\lambda_8$  – интенсивность отказов соответственно поплавка, обратного клапана.

10. По [15] выполнение хотя бы одного из этих событий определяется по формуле

$$P_{1,8} = 1 - (1 - S_1) (1 - S_2) (1 - S_3) (1 - S_4), \quad (4.20)$$

где  $S_i=1,2,3$  – вероятность отказов резервуаров чистой воды 1,2,3;

Значения формул (4.9) - (4.20), характеризующие безотказность элементов, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Параметры безотказности элементов комплекса РЧВ

№ п\п	Элементы систем очистки	Средняя наработка на отказ, лет	Интенсивность отказов, 1/год
	Резервуар чистой воды	5,0	0,5
	Обратный клапан	2,0	0,3
	Поплавков	1,5	0,3
	Подводящий трубопровод	5,0	0,2
	Днище резервуара	5,0	0,53
	Задвижки	2,0	0,5
	Стены резервуара	5,0	0,61

Таким образом выявлена вероятность отказа отдельных систем комплекса резервуаров чистой воды г. Шымкента. Согласно статистических данных об отказах, взятых из журналов учета (регистрации) неисправностей элементов (систем) системы водоподачи, оценки с учетом этой статистики показывают следующее.

Наиболее подвержены отказам обратный клапан, поплавков, и задвижки. Отказы целостных элементов значительны, что свидетельствует о низком качестве изысканий, строительства и эксплуатации.

Конечной целью любого технически рискованного мероприятия является определение экономического ущерба при отказе этих систем.

Вероятность экономического ущерба  $P_{уз}$  зависит от объема воды, а также гидрогеологических условий расположения резервуаров чистой воды, сейсмичности и других дополнительных факторов.

Исходя из вышеприведенных вычислений, назначается промежуток времени между профилактическими, капитальными ремонтами резервуаров чистой воды, а также величина ресурса этих сооружений.

#### **4.2 Количественная оценка надежности подземных сооружений: система водоподачи - резервуар чистой воды**

Уровень жизни и благоустройство населенных мест, комфортность проживания в них, развитие промышленности инфраструктуры города во многом определяет надежность и эффективность работы систем водоснабжения.

Показателем надежности является количественная характеристика одного или нескольких свойств системы водоснабжения или ее отдельных элементов [42]. Актуальностью данных исследований так же является то, что аналогичные подземные сооружения являются сами по себе очень трудоемкими в исполнении и требуют огромных капиталовложений. Поэтому исследование надежности аналогичных сооружений, планирование увеличения срока их эксплуатации и обеспечение при этом бесперебойного снабжение города питьевой водой является наиболее актуальной на сегодняшний день.

Резервуар чистой воды представляет собой прямоугольное в плане железобетонное сооружение, расположенное на определенной отметке для обеспечения напора, т.е является активными. Данные резервуары полуподземные, оснащены рядом установок и оборудования, обеспечивающие выполнение его основных функций. Водоемкость одного резервуара составляет 6000 куб.м.

При проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений, расположенных на водонасыщенных слабых грунтах необходимо исходить из общего принципа усиления конструкций от воздействия просадок грунта и инфильтрационных процессов. В данном случае отказ системы



обуславливается отказом отдельных элементов системы, таких как трубопроводное оборудование, поплавки, обратные клапаны, всевозможных задвижек и конечно же непосредственно элементов строительных конструкций (днище, стены, герметическая изоляция). Безопасность системы зависит от множества факторов. В первую очередь от надежности непосредственно строительных конструкций которые постоянно подвержены просадкам грунтов от его водонасыщения, а так же от таких внешних воздействий как неощутимые землетрясения. Таким образом, количественную оценку степени безопасности данного сооружения нужно произвести через характеристики надежности и работоспособности, в частности, путем оценки вероятности выхода ее из строя (отказа).

Если физический барьер (железобетонные плиты днища, стен и др.) нарушен, то такое событие в теории надежности следует считать отказом, поскольку обеспечение чистоты и результаты очистки попадают под вероятную угрозу.

В общем случае аварийное событие формируется совокупностью отказов систем, приводящих к неисправности и невозможности эксплуатации системы водообеспечения т.е. к потере контроля над всем процессом. Такая последовательность событий называется сценарием [3,40]. Совокупность всех сценариев образует дерево событий. Дерево возможных аварийных событий для исследуемого случая показано на рисунке 4.4.

Каждый из этих сценариев с определенным номером  $m=1,2...M$  ( $M=16$  для случая на рисунке 3.4) может реализоваться с вероятностью  $P_m$ , причем  $\sum_{m=1}^M P_m = 1$ . Последний из сценариев с номером  $M$  соответствует безаварийной работе. В задачу нашего исследования по определению вероятностного анализа надежности и отказа входит вычисление всех вероятностей  $P_m$  и отказа  $P_{om}$ . Если вероятности  $P_m$  известны, то вероятность отказа вычисляется как вероятность события, которое реализуется хотя бы в виде одного отказа в соответствии с деревом событий.

Резервуар чистой воды №1
Резервуар чистой воды №2
Резервуар чистой воды №3
Резервуар чистой воды №4
Номер сценария

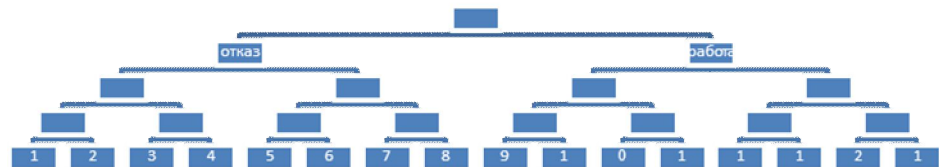


Рис. 4.4 Дерево отказов для резервуаров чистой

Тогда по [15]:

$$P_{om} = \sum_{m=1}^{M-1} P_m = 1 - P_m, \quad (4.21)$$

где  $M=2^n$  – число сценариев;

$n$  – число систем (резервуаров чистой воды), из которых состоит исследуемый объект.

Рассмотрим возможные сценарии:

- сценарий 8: отказ РЧВ №1 (система 1);
- сценарий 12: отказ РЧВ №2 (система 2);
- сценарий 14: отказ РЧВ №3 (система 3);
- сценарий 15: отказ РЧВ №4 (система 4).

Вероятности остальных сценариев ничтожны, т.к. одновременный отказ в работе двух и более систем обычно связан с катастрофическими землетрясениями более 10 баллов.

Обозначим через  $S_i$ ,  $i=1,2,3,4$  вероятность отказа  $i$ -ой системы (РЧВ), а через  $S_i=1- S_i$  – вероятность безотказной работы этой же системы. Тогда,

имея дерево событий, аналогичное дереву на рисунке 4.4, можно определить вероятность каждого сценария  $P_m$  как произведения соответствующих вероятностей.

Тогда

$$P_m = \prod_{i=1}^n S_i^{(1-q_i)} \bar{S}_i^{q_i}, \quad (4.22)$$

где  $P_m$  – вероятность  $m$ -го сценария при  $q_i=0$  система при факте отказа;

при  $q_i=1$  – система находится в рабочем состоянии;

$q_i$  – признак событий для каждой системы.

Расчет вероятностей отказов отдельных элементов всех систем производится по формуле [15]:

$$P_{j_0} = 1 - e^{-\lambda_j t}, \quad (4.23)$$

где  $\lambda_j$  – интенсивность отказа  $j$ -го элемента исследуемой системы;

$t$  – интервал времени от момента начала эксплуатации.

Производим расчет вероятностей по цепочкам деревьев событий и происходящих отказов.

1. Вероятность  $m$ -го сценария ( $m=8,12,14,15$ ), согласно дереву событий на рисунке 4.4, соответствует отказу данной системы  $i$  и рассчитывается по нижеприведенной формуле:

$$P_m = S_i, \quad (4.24)$$

где  $S_i$  – вероятность отказа  $i$  – составляющего,  $i=1 \dots 4$ .

2. Вероятность отказа резервуаров чистой воды

$$P_{jk} = 1 - \exp(-\lambda_j t), \quad (4.25)$$

где  $\lambda_j$  – интенсивность отказа  $j$ -ого резервуара чистой воды.

3. Поскольку все резервуары по конструктивной схеме для одних и тех же геологических условий одинаковы, то все  $S_i$  для  $i=1,2,3$  одинаковы.

Вероятность отказа резервуара чистой воды

$$S_i = 1 - (1 - P_{1г})(1 - P_{2г})(1 - P_{3г}), \quad (4.26)$$

где  $P_{1г}, \dots, P_{3г}$  – вероятности отказов групп элементов, составляющих резервуар.

Вероятности  $P_{1г}, \dots, P_{3г}$  рассчитываются по формуле:

$$P_{1г} = P_{4э} \cdot P_{п}; \quad P_{2г} = P_{4э} \cdot P_{с}; \quad P_{3г} = P_{4э} \cdot P_{д}, \quad (4.27)$$

где  $P_{4э}$  – вероятность отказа гидроизоляции стенок и днища

$$D_{4э}(\tau) = 1 - e^{-\lambda_{гд} \tau}, \quad (4.28)$$

где  $\lambda_{гд}$  – интенсивность отказов гидроизоляции стенок и днища:

4. Вероятность отказа перекрытия с колпачком (предохранительным)

$$P_{iэ} = 1 - (1 - P_{1э})(1 - P_{2э})(1 - P_{3э}), \quad (4.29)$$

где  $P_{1э}$  – вероятность отказов элементов перекрытия – плиты ( $i=1$ ), швов ( $i=2$ ) и гидроизоляции перекрытия ( $i=3$ ).

5. Вероятность отказа плиты перекрытия

$$D_{13} = 1 - e^{-\lambda_{nn} t}, \quad (4.30)$$

где  $\lambda_{nn}$  - интенсивность отказов плит перекрытия.

6. Вероятность отказа шва между плитами перекрытия

$$D_2 = 1 - e^{-\lambda_{un} t}, \quad (4.31)$$

где  $\lambda_{un}$  - интенсивность отказов шва перекрытия.

7. Вероятность отказа гидроизоляции перекрытия

$$D_3 = 1 - e^{-\lambda_{gn} t}, \quad (4.32)$$

где  $\lambda_{gn}$  - интенсивность отказа гидроизоляции.

8. Вероятность отказа стен резервуара

$$D = 1 - (1 - P_5)(1 - D_6), \quad (4.33)$$

где

$$P_{53}(t) = 1 - e^{-\lambda_5 t}, \quad (4.34)$$

$$P_{63}(t) = 1 - e^{-\lambda_6 t}, \quad (4.35)$$

$\lambda_{5,6}$  - интенсивность отказов плит и швов стен резервуара.

9. Вероятность отказа днища резервуара

$$P_D = 1 - (-1P_{73})(1 - P_{83}), \quad (4.36)$$

где

$$P_{7\gamma} = 1 - e^{-\lambda_7 t}, \quad (4.37)$$

$$P_{8\gamma} = 1 - e^{-\lambda_8 t}, \quad (4.38)$$

$\lambda_{7,8}$  - интенсивность отказов соответственно плит и швов днища.

10. Вероятность реализации хотя бы одного из рассмотренных сценариев определяется по формуле полной вероятности

$$P_{1i1} = 1 - (1 - S_1)(1 - S_2)(1 - S_3)(1 - S_4), \quad (4.39)$$

где  $S_{i(i=1,2,3,4)}$  - вероятность отказов резервуаров чистой воды 1,2,3,4;

Параметры приведенных формул (4.21) ... (4.39), показатели надежности исследуемых элементов, имеют значения, которые приведены в таблице 4.2.

Оценка с учетом этих данных показывает, что вероятность отказа отдельной системы  $S_i = 6 \cdot 10^{-5} \dots 4 \cdot 10^{-4}$  для  $t=1$  год и  $S_i = 4 \cdot 10^{-3} \dots 2 \cdot 10^{-3}$  для 10 лет.

Вероятность отказов на участке резервуаров чистой воды в целом составляет соответственно:

$$P_o = (2 \dots 6) \cdot 10^{-3} \text{ - для } t=1 \text{ год,}$$

$$\text{и } P_o = (2 \dots 7) \cdot 10^{-2} \text{ - для } t=10 \text{ лет.}$$

Таблица 4.2– Показатели надежности резервуаров чистой воды

№ п/п	Элементы сооружений	Среднее время наработки на отказ, лет	Интенсивность отказов 1/год
1	Стеновые панели и плиты	50	0,02

2	Швы между панелями и плит	20	0,05
3	Гидроизоляция	10...20	0,05...0,1
4	Плиты днища	50...80	0,0125...0,02
5	Швы между плитами днищ	20	0,05
6	Трубопроводы	50...70	0,0125..0,2

Исходя из наших расчетов, выявлены наиболее слабые звенья резервуаров чистой воды, что может быть рекомендованы для аналогичных сооружений систем водоснабжения и для других регионов Республики Казахстан, расположенных аналогичных регионах, подверженных динамическим нагрузкам и возведенных на слабых грунтах. Это стеновые панели, днища резервуаров чистой воды, которые наглядно приведены на фотографиях 2.1 – 2.8, 2.12, 2.13. Такие же результаты получены по результатам исследований последствий разрушений резервуаров чистой воды, расположенных на слабых водонасыщенных грунтах вследствие воздействия динамических нагрузок.

## **Выводы**

1. Произведен расчет эксплуатационной надежности как элементов, входящих в комплекс площадки резервуаров чистой воды, так и непосредственно железобетонных элементов и трубопроводов, позволяющий облегчить расчеты сооружений для повышения их эксплуатационной надежности.

2. Разработаны рекомендации по осуществлению комплекса мер по повышению эксплуатационной надежности комплекса, насосная станция – резервуар чистой воды, в том числе и всех ее элементов, что позволило усовершенствовать технические условия эксплуатации системы водоподачи в целях повышения их эксплуатационной надежности и увеличить срок службы комплекса резервуаров чистой воды.

3. Предложен новый способ реконструкции после разрушения элементов резервуара чистой воды, который позволяет упростить применяемую ранее технологию реконструкции аналогичных объектов, а также уменьшить себестоимость восстановительных работ элементов резервуаров чистой воды вследствие воздействия просадок грунтов и воздействия динамических нагрузок.

4. Определен коэффициент надежности, позволяющий связать количество отказов стареющих элементов комплекса, что облегчает определение своевременности и очередности мероприятий по модернизации системы водоподачи.

5. Определены показатели эксплуатационной надежности элементов системы водоподачи на примере комплекса резервуаров чистой воды на площадке №6 г.Шымкента. Приведены параметры безотказности элементов резервуаров чистой воды.

## **ГЛАВА 5.**

### **РЕКОМЕНДАЦИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ РЧВ И ЕЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

#### **5.1 Рекомендации по повышению эксплуатационной надежности РЧВ г. Шымкент**

Согласно данных в г. Шымкент действуют 18 РЧВ, из них 9 РЧВ требуют текущего или капитального ремонта. В их числе два объемом  $500\text{м}^3$ , три -  $1000\text{м}^3$ , один -  $2000\text{м}^3$ , три -  $6000\text{м}^3$ .

В целях обеспечения повышенной эксплуатационной надежности РЧВ ТОО «Водные ресурсы и маркетинг» рекомендовано внедрение журналов учета работы и сбоев системы комплекса РЧВ и его элементов с указанием сроков и периодичности выхода из строя того или иного устройства или



оборудования. Предложено прутвердить технические условия эксплуатации комплекса РЧВ и его элементов с учетом предложенных рекомендаций.

В учебно методические комплексы по предмету «Инжнерные сети» для строительных специальностей внесены дополнительные изменения в расчеты по надежности системы водоснабжения и расчеты подземных специальных сооружений изготавливаемых из железобетонных конструкций в КИПУДН и ЮКГУ им. М.Ауэзова.

После осуществления мероприятий по укреплению грунтов и заделки трещин на стенках и днище РЧВ вышедших из строя, на внутреннюю поверхность двух резервуаров объемом 6000 куб.м. и одного резервуара объемом 3000 куб.м. нанесено покрытие для питьевой воды производства ADISA SERVICE UND ENTWICKLUNG AG Швейцария.

Данное покрытие EPOFLEX TW разработано специально для хранения питьевой воды. Названное покрытие обеспечивает полную герметичность резервуара и устраняет любые утечки и потери воды.

Вышеуказанное покрытие имеет допуск к применению в соответствии с настоящим Допуском органов строительного надзора Немецкого института строительной техники.

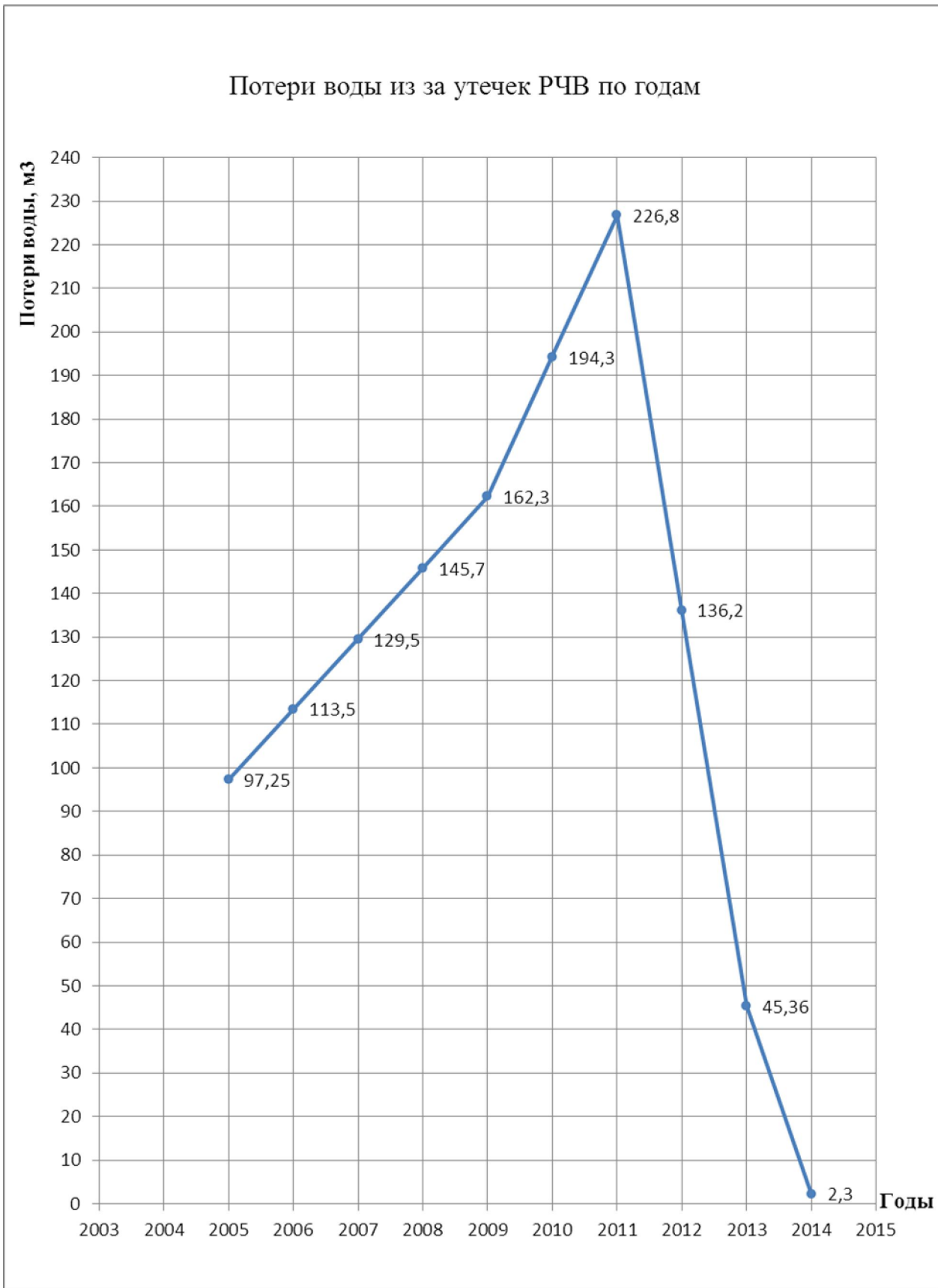
Реконструированные резервуары успешно эксплуатируется в настоящее время на площадке №6 в ТОО «Водные ресурсы-Маркетинг».

Вид резервуара чистой воды после реконструкции приведен на фото 16-24 в Приложении.

На исследуемой площадке № 6 имеются 3 РЧВ: два РЧВ объемом 6000м<sup>3</sup> и один РЧВ объемом 3000 м<sup>3</sup>. Замеры среднесуточных потерь осуществлялись периодически по суткам с помощью водомерной рейки.

О высокой эффективности внедрения результатов диссертационной работы свидетельствует анализ суммарных среднесуточных потерь воды в РЧВ на площадке № 6 до и после реконструкции за период с 2005 по 2014г.г. Фактические потери и график их изменения представлены и рис. 5.1. Как видно из графика, После реконструкции первого РЧВ в 2012 году резко упали показатели среднесуточной утечки воды с 226,8 до 136,2 м<sup>3</sup>. Аналогичная картина произошла после завершения реконструкции второго и третьего РЧВ в 2013г. с 136,2 до 45,36 м<sup>3</sup> и в 2014 г. с 45,36 до 2,3 м<sup>3</sup> соответственно.

Рекомендовано устанавливать в районе расположения РЧВ комплекс наблюдательных СВД для понижения УГВ в паводковые периоды.



**Рис. 5.1.** График изменения среднесуточных потерь воды в РЧВ на площадке №6 в период с 2005 по 2014 годы.

## **5.2 Технико-экономическое обоснование научно-технических решений повышения надежности.**

### **5.2.1 Критерии эффективности инвестиционных проектных решений в рыночных условиях**

В настоящее время система водоснабжения и водоотведения Республики Казахстан находится в стадии реформирования и модернизации. Основное направление работ в этой отрасли помимо изменения организационных структур служб и органов проектирования, строительства и эксплуатации, обусловленных переходом к рыночным условиям, связано также с широким применением новых инновационных, научно-технических решений, установкой нового оборудования, использованием принципиально новых технологических схем обработки воды, широким внедрением средств автоматизации.

Новые инновационные решения, новое оборудование и техника должны иметь не только более лучшие эксплуатационные характеристики, соответствующие лучшим мировым стандартам, но и быть экономически целесообразными и выгодными. В связи с этим повышается роль и значение теоретических и практических навыков проведения технико-экономических расчетов, умение делать научно-обоснованное заключение о целесообразности внедрения разработанных инновационных решений, новых устройств и технологических процессов. Необходимо отметить, что в связи с переходом стран СНГ на рыночные отношения устарел применявшийся в СССР методический подход к оценке экономической эффективности инвестиций. На данном этапе рекомендуется рассматривать общепринятую в мировой практике систему экономических показателей инвестиционных проектов, включающие такие показатели как чистый дисконтированный доход, индекс доходности, внутреннюю норму доходности, срок окупаемости и др. Технико-экономическая оценка является обязательной

составной частью всех научных исследований как технических так и экономических направлений.

Основной задачей технико-экономического обоснования любого инновационного решения, в том числе и мероприятий по повышению надежности, является определение величины экономического эффекта от использования в технологическом цикле добычи, водоподготовки, транспортирования и подачи питьевой воды основных и сопутствующих результатов, получаемых при решении поставленных в научном исследовании задач по повышению надежности.

Оценка эффективности принимаемых научно-технических решений должна быть комплексной и учитывать все технические, экономические, социальные, экологические и другие аспекты использования полученных результатов.

Ранее в СССР рекомендации по проведению технико-экономических расчетов при проектировании были ориентированы на преимущественное выполнение экономических расчетов с рассмотрением отдельных технических характеристик в необходимых случаях. В большинстве из них практически не содержится рекомендаций по введению результирующей целевой функции качества проекта и сведению частных показателей качества в обобщенный.

Экономические оценки ранее, как правило, выполнялись путем сопоставления нескольких вариантов. В качестве основного критерия экономической эффективности сравниваемых вариантов принимались приведенные годовые затраты. Для  $i$ -го варианта проекта приведенные затраты  $\Pi_i$ , определялись по формуле

$$\Pi_i = EK_i + Z_i \rightarrow \min \quad (5.1)$$

где  $E$  – нормативный коэффициент эффективности в рассматриваемой отрасли;

$K_i$  – капитальные вложения по данному  $i$ -тому варианту ;

$Z_i$  – ежегодные эксплуатационные расходы по  $i$ -тому варианту.

Значения нормативного коэффициента капитальных вложений в системе водоснабжения и водоотведения принимался 0,14.

Рассматривались несколько вариантов и был выбран вариант с минимальными приведенными затратами.

Одним из недостатков оценок по данной формуле является то, что величина нормативного коэффициента эффективности  $E$  в нынешних рыночных экономических условиях стран СНГ как показывает практика является заниженной.

Для рыночных отношений значение коэффициента  $E$  должно изменяться с учетом уровня постоянно происходящей в странах СНГ инфляции и быть на уровне банковской процентной ставки или другого аналогичного критерия, например, ставки дивидендов.

Основной недостаток методики сравнительной эффективности капитальных вложений заключается в том, что в качестве критерия выбора наилучшего варианта при данной методике используются приведенные затраты, а не прибыль, которая в наибольшей степени отвечает новым современным рыночным критериям и требованиям. Кроме этого, такой методический подход не может быть использован для проектов, направленных на улучшение качества услуг, например повышение бесперебойности подачи воды, увеличение межремонтного периода эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения, где эффект выражается зачастую не только в количественных показателях таких как требуемые объемы воды и давления, но и в социальных показателях, как удовлетворенность потребителей, снижение числа жалоб и рекламаций со стороны потребителей, которые не всегда выражаются чисто количественными показателями. Иногда такие мероприятия, особенно по

повышению качества продукции или качества услуг, приводят к увеличению издержек на производство и реализацию продукции за счет применения более качественных и дорогостоящих материалов, использования более совершенных методов водоподготовки и эксплуатации и других факторов. Если учитывать для таких случаев чисто количественные показатели, то результат может быть наоборот отрицательным. Поэтому обязательно надо учитывать не только чисто технические эффекты в виде сэкономленных объемов воды, электричества на насосных станциях, но и экологические, социальные и другие эффекты.

Рассмотренные выше показатели – минимум приведенной стоимости и срок окупаемости дополнительных капитальных вложений применимы при статической постановке задачи, которая не учитывает динамику затрат и эффектов во времени, не учитывает инфляционные процессы. Так, например, принимается, что капитальные вложения или расходы осуществляются однократно (т.е. делаются одномоментно при внедрении инновационных решений), и при данной методике принимаются что себестоимость, текущие эксплуатационные расходы постоянны и по годам не меняются. В рыночной экономике такое, к сожалению, не возможно. Эти показатели как известно постоянно меняются, и как правило, они растут с течением времени.

Таким образом, с переходом стран СНГ на рыночные отношения устарела методическая база по экономическому обоснованию инвестиций, наработанная в бытность плановой экономики.

Поэтому сейчас помимо приведенных затрат применимых при статичной или более или менее постоянной плановой экономике, более верным будет определение таких рыночных экономических показателей как чистый дисконтированный доход, норма доходности, срок окупаемости и др.

### **5.2.2 Особенности реализации проектов в системе водоснабжения**

Инвестиции в систему водоснабжения можно рассматривать как социальные инвестиции, связанные с государственными интересами по повышению качества предоставления услуг населению по обеспечению таким социальным товаром или материальными благами как питьевая вода.

Обусловленное реализацией инвестиционных проектов повышение или снижение надежности снабжения населения регионов или населенных пунктов определенными товарами или материальными благами в т.ч. питьевой водой как социальный эффект. Повышение надежности обеспечения населения питьевой водой рассматривается соответственно как положительный социальный результат. Стоимостное измерение этого результата производится с использованием действующих в регионе цен на соответствующие товары или услуги (без учета государственных и местных дотаций и льгот всем или отдельным категориям потребителей).

Сложность определения экономической эффективности заключается в том, что очень сложно отследить и оценить количественно такие показатели как повышение надежности и улучшение качества обслуживания населения.

Другая особенность заключается в том что капитальные вложения в инвестиционные проекты по повышению надежности систем водоснабжения осуществляются как бы одномоментно в течении относительно короткого срока реализации проекта, а социальные эффекты в виде улучшения качества предоставляемых услуг за счет снижения аварий и перебоев в подаче воды и повышения бесперебойности подачи питьевой воды, обусловленные мероприятиями по повышению надежности систем водоснабжения проявляются постепенно в течении многих лет срока эксплуатации сооружения. Эти и другие факторы обуславливают использование специальных методик расчета эффективности инвестиционных мероприятий по повышению надежности систем водоснабжения.



### 5.2.3 Оценка эффективности инвестиций

Принятие решений, связанных с вложениями денежных средств - важный этап любого инвестиционного проекта, в т.ч. и мероприятий по повышению надежности систем водоснабжения и водоотведения. Для эффективного использования привлеченных средств и получения максимальной прибыли на вложенный капитал необходим тщательный анализ будущих доходов и затрат, связанных с реализацией рассматриваемого нами инвестиционного проекта.

Задачей технико-экономического обоснования является выбор таких мероприятий и путей их реализации, которые обеспечат поток денежных средств, имеющих максимальную приведенную стоимость по сравнению со стоимостью требуемых капиталовложений для повышения надежности системы.

Существует несколько методов оценки привлекательности инвестиционного проекта и, соответственно, несколько основных показателей эффективности. Каждый метод в своей основе имеет один и тот же принцип: в результате реализации проекта предприятие, в нашем случае управление водоснабжения г. Шымкент, должно получить прибыль (или должен увеличиться собственный капитал предприятия), при этом различные финансовые показатели характеризуют проект повышения надежности с разных сторон и могут отвечать интересам различных групп лиц, действующих в рыночных условиях и имеющих отношение к данному водохозяйственному предприятию - государственных органов, банков-кредиторов, население- потребителей воды, инвесторов, менеджеров и др.

Среди этих методов оценки эффективности инвестиционных проектов наиболее часто используется такой показатель как чистый дисконтированный доход.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу (определенному моменту времени), или как превышение интегральных результатов (сумма доходов поступивших за определенный период времени  $t$ ) над интегральными затратами (сумма расходов сделанных за определенный период времени  $t$ ).

Если в течение расчетного периода не происходит инфляционного изменения цен или расчет производится в базовых ценах, то величина ЧДД для постоянной нормы дисконта вычисляется по формуле

$$\text{Э}_{\text{инт}} = \text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (P_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (5.2)$$

где  $\text{Э}_{\text{инт}} = (P_t - Z_t)$ - интегральный эффект, достигаемый на  $t$ -ом шаге.

$P_t$  - результаты, достигаемые на  $t$ -ом шаге расчета;

$Z_t$  - затраты, осуществляемые на том же шаге;

$t$  - горизонт расчета (равный номеру шага расчета, на котором производится ликвидация объекта).

Если размер ЧДД инвестиционного проекта положителен, проект является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его принятии. Чем больше ЧДД, тем эффективнее проект. Если инвестиционный проект будет осуществлен при отрицательном ЧДД, инвестор понесет убытки, т.е. проект неэффективен.

На практике часто пользуются модифицированной формулой для определения ЧДД. Для этого из состава  $Z_t$  исключают капитальные вложения и обозначают через:

$K_t$  — капиталовложения на  $t$ -ом шаге;

$K$  — сумму дисконтированных капиталовложений, т.е.

Иногда применяют также понятие чистой приведенной стоимости.

Чистая приведённая стоимость (чистая текущая стоимость, чистый дисконтированный доход, англ. Net present value, принятое в международной практике для анализа инвестиционных проектов сокращение – NPV или ЧДД) — это сумма дисконтированных значений потока платежей, приведённых к сегодняшнему дню.

Показатель NPV представляет собой разницу между всеми денежными притоками и оттоками, приведёнными к текущему моменту времени (моменту оценки инвестиционного проекта). Он показывает величину денежных средств, которую инвестор ожидает получить от проекта, после того, как денежные притоки окупят его первоначальные инвестиционные затраты и периодические денежные оттоки, связанные с осуществлением проекта. Поскольку денежные платежи оцениваются с учётом их временной стоимости и рисков, NPV можно интерпретировать как стоимость, добавляемую проектом. Её также можно интерпретировать как общую прибыль инвестора.

NPV – показывает инвестору доход или убыток от вложений средств в инвестиционный проект по сравнению с доходом от вложения в другие финансовые инструменты, например, депозитный вклад в банк и получение доходов в виде банковских процентов.

Если NPV больше 0, то инвестиции принесут больше дохода, нежели чем просто хранение денег в банке и следовательно данные инвестиции прибыльны.

Формула расчета NPV модифицируется если инвестиционные вложения в проект осуществляются в несколько этапов (периодов).

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t} \quad (5.3)$$

где NPV - чистая приведённая стоимость или чистый дисконтированный доход;

$I_t$ - сумма инвестиционных вложений в проект в  $t$ -ом периоде;  
CF $_t$ -денежные потоки после реализации инвестиционного проекта;

$r$ -ставка банковского процента по депозитам;

$n$ -количество рассматриваемых периодов

В нашем проекте произведен расчет экономической целесообразности инвестиционного проекта по повышению надежности путем определения NPV.

Для нашего расчетного случая сумма инвестиционных вложений в проект в  $t$ -ом периоде  $I_t$  определяется размером капитальных вложений потраченных на покрытие внутренней поверхности РЧВ специальной краской или пленкой герметиком. Согласно приложенных документов сумма работ по гидроизоляции РЧВ составляет 48 млн тенге. Поэтому величина  $I_t = 48$  млн тенге.

Денежные потоки поступлений после реализации инвестиционного проекта будут образовываться от поступлений денежных средств оплачиваемых населением за потребленную питьевую воду. Зная тариф за отпускаемую населению питьевую воду в г. Шымкент в размере 44 тенге за 1 м<sup>3</sup> питьевой воды и количество населения обслуживаемого резервуарами, на которых произведены мероприятия по повышению надежности их стойкости к утечкам и потери воды за счет повышения их герметичности, определяем размер поступлений денежных средств оплачиваемых населением за потребленную питьевую воду. При этом расчет поступлений денежных средств надо вести отдельно за каждые года рассматриваемого временного периода и потом находить их интегральную сумму. В расчете принят временной отрезок 10 лет т.е. количество рассматриваемых периодов  $n=10$ .

Средневзвешенная ставка банковского процента по депозитам для условий банков Республики Казахстан принята  $r = 15\%$ .

Расчеты по определению приведены в таблице 5.1

Табл. 5.1 Определение ЧДД для инвестиционного проекта  
повышения надежности РЧВ, тыс.тг

Годы	Ст-ть покрытия РЧВ (тыс.тг)	К-во отпущенной воды в год тыс.м3	Стоимость 1м3 воды, тг/м3	Поступл-е от реализ- и воды, тыс.тг	Ставка дисконтирования	Поступления дисконтированные	Суммарные поступления тыс.тг	Чистый результат тыс.тг
0	48 000				0,15	0		
1		547,5	44	24 138	0,15	20 990	20 990	-27 006
2		547,5	44	24 138	0,15	18 252	39 242	-8 754
3		547,5	44	24 138	0,15	15 871	55 113	<u>7 117</u>
4		547,5	44	24 138	0,15	13 803	68 914	20 918
5		547,5	44	24 138	0,15	12 004	80 916	32 919
6		547,5	44	24 138	0,15	10 436	91 350	43 355
7		547,5	44	24 138	0,15	9 074	100 425	52 429
8		547,5	44	24 138	0,15	7 891	108 316	60 320
9		547,5	44	24 138	0,15	6 862	115 177	67 182
10		547,5	44	24 138	0,15	5 966	121 144	73 148

Из расчетов видно, что проект окупится на третий год реализации проекта. При этом срок окупаемости равен 2,8 лет, при нормативно допустимом сроке окупаемости для систем водоснабжения и водоотведения T=8 лет.

### **Выводы**

1. Разработаны и внедрены рекомендации по обеспечению эксплуатационной надежности и реконструкции резервуаров чистой воды;
2. По рекомендациям, предложенным в диссертации, осуществлены восстановительные работы в трех РЧВ общим объемом 15 тыс. м<sup>3</sup>, для ТОО «Водные ресурсы и маркетинг» в г. Шымкент, с использованием наиболее прогрессивных строительных материалов EPOFLEX TW производства компании ADISA SERVICE UND ENTWICKLUNG AG Швейцария;
3. Разработан технический регламент эксплуатации резервуаров чистой воды для ТОО «Водные ресурсы-Маркетинг» в г. Шымкент;
4. Результаты исследований внедрены в учебный процесс в КИПУДН и ЮКГУ им. М.Ауэзова, позволяющий повысить уровень подготовки специалистов;
5. Проект окупится на третий год реализации проекта. При этом срок окупаемости равен 2,8 лет, при нормативно допустимом сроке окупаемости для систем водоснабжения и водоотведения - T=8 лет;
6. После реконструкции первого РЧВ в 2012 году резко упали показатели среднесуточной утечки воды с 226,8 до 136,2 м<sup>3</sup>. Аналогичная картина произошла после завершения реконструкции второго и третьего РЧВ в 2013г. с 136,2 до 45,36 м<sup>3</sup> и в 2014 г. с 45,36 до 2,3 м<sup>3</sup> соответственно.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в районе исследования имеется два инженерно-геологических характеристик грунта. Первый - суглинок с просадочным давлением – 111кПа. Плотность 1,69 г/см<sup>3</sup>, влажность – 9,8-18,7%, степень влажности – 0,31-0,59, коэффициент пористости – 0,86, показатель текучести - <0, коэффициент фильтрации – 0,23 м/сут., сцепление – 5кПа, модуль деформации при водонасыщенном состоянии - 4,0МПа, мощность слоя – 10,9-11,3 м. Второй – галечниковый грунт с супесчаным заполнителем до 35%. Плотность – 2,21 г/см<sup>3</sup>, удельный вес – 22,1 кН/м<sup>3</sup>, модуль деформации при водонасыщенном состоянии – 36,3 мПа, мощность вскрытого слоя – 10,9-11,3 м.

2. Определены основные факторы, снижающие надежность функционирования РЧВ расположенных в слабых водонасыщенных грунтах. Вследствие воздействий естественных просадок грунтов от обводнения, и постоянных динамических нагрузок произошло частичное разрушение элементов РЧВ в виде трещин стеновых панелей и днищ, сдвиг стыковых соединений.

3. Экспериментально установлены значения коэффициентов повышения прочности  $\beta_3$  для элементов РЧВ, которые изменяются в зависимости от величины подпорных усилий, зависящих от высоты наполнения воды в резервуаре.

4. Лабораторные и полевые исследований показали, что водопроницаемость грунтов составляет 0,004-0,018 м/сут, а влагоемкость изменяется в пределах 17-20%. В связи с чем,

требуется проведение мероприятий по исключению утечек воды с РЧВ в целях защиты грунтов от обводнения.

5. Исследованиями установок СВД определено, что при дебите 24-37 л/с с коэффициентом полезной работы 0,7-0,9 наблюдались снижение пьезометрических напоров грунтовых вод в радиусе до 500 м. Уровень воды в СВД снижался на 6,1-10,6 м. При этом скорость естественного повышения УГВ уменьшалась в 1,5-2 раза за счет работы СВД в паводковый период, что свидетельствует о необходимости установки СВД в районе расположения РЧВ для понижения УГВ в паводковый период в целях защиты грунтов от обводнения.

6. Определены показатели надежности, средняя наработка на отказ и интенсивность отказов, для комплекса РЧВ и непосредственно его элементов: стеновые панели, плита днища, соединительные и гидроизоляционные швы. Наиболее слабым элементом являются гидроизоляционные швы (среднее время наработки на отказ от 10 до 20 лет; интенсивность отказов от 0,0125 до 0,05 в год).

7. Разработаны и внедрены в ТОО «Водные ресурсы-Маркетинг» в г. Шымкент рекомендации по повышению эксплуатационной надежности и реконструкции РЧВ и его элементов в целом.

8. Результаты исследований позволяют получить экономический эффект около 18 млн. тенге, от использования нового способа восстановительных работ. Срок окупаемости составляет 2,8 года при нормативном сроке 10 лет, получено резкое уменьшение потерь воды в РЧВ.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. –87 с.
- 2 Наурызбаев Е.М., Калицун В.И. Надежность систем водоотведения (на примере г. Воронеж), Водоснабжение и санитарная техника. Деп.Во ВНИИИС Госстроя СССР.-1981.№2913.-7с.
- 3 Наурызбаев Е.М. Обеспечение надежности систем водоотведения – Тараз: ТарГУ, 2000. – 275 с.
- 4 Журба М.Г., Говорова Ж.М. и другие. Разработка и внедрение водоотчистных комплексов поверхностного стока //Водоснабжение и санитарная техника. –2003. -№3. –С. 36-38.
- 5 Наурызбаев Е.М., Орман А.О., Махамбетов А.М. Математическое моделирование надежности процесса эксплуатации водоотводящих сетей //Наука и образование Южного Казахстана. -1997. -№ 1. -С. 173-175.
- 6 Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: //учебник для вузов. -М.: АСВ, 2002. –201 с.
- 7 Ильин Ю.А., Игнатчик В.С. и другие. Надежность водоотводящих систем //Водоснабжение и санитарная техника. –1995. -№4. –С. 19-20.
- 8 Наурызбаев Е. М., Утебаев Р. С. Оценка и расчет экологической безопасности инженерных систем в регионах с повышенной сейсмичностью. // Экология и жизнь. Материалы XII международной научно-практической конференции. – Пенза, 2007. –С.208-210.
- 9 Наурызбаев Е.М., Тортаев И.А. Классификация отказов водоотводящих систем при землетрясениях (на примере юга Казахстана)

//Материалы 2-й международной научно-технической конференции «Проблемы экологии АПК и охраны окружающей среды», 1998.

10 Наурызбаев Е.М., Макашова Ф.Т., Серикбаев Т.С. Экологическая надежность систем водоснабжения в условиях сейсмоопасности // Сборник XII Международной научно-практической конференции.-Пенза, 2007.

11 Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1979. -231с.

12 Примин О.Г. Разработка и применение информационных технологий для оценки и обеспечения экологической безопасности и надежности сетей водоснабжения и водоотведения города: автореф. доктора техн. наук. –М, 2001. –50 с.

13 Оразымбетов Н.О. и др. Ашхабадское землетрясение . Инженерный анализ последствий землетрясения. –М.: Госстройиздат, 1960. –307 с.

14 Крыженков В.А. Воздействия Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. на подземные водопроводы и канализации и факторы, определяющие их сейсмостойкость: автореф. канд. техн. наук. – Ташкент, 1972. –22 с.

15 Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их стат. анализ. – М.: Наука, 1965. – 524 с.

16 Ильин Ю.А. и другие. Нормы по оценке надежности оборудования систем водоснабжения и водоотведения. –М.: Минобороны, 1993. –С. 46-47.

17 Строительные нормы и правила СНиП || - А . 12 – 69. Строительство в сейсмических районах. – М.: Стройиздат, 1970. – 83 с.

18 Расказовский В.Т., Рашидов К.С. Последствия Ташкентского землетрясения. - Ташкент: Фан, 1967.-144 с.

- 19 Косимов А.Г. Применение пластмассовых труб в системе канализации с учетом сейсмичности, дисс. канд. техн. наук. –Москва, 1989. – 153 с.
- 20 Наурызбаев Е. М. и др. Способ предотвращения замерзания воды в водоразборной колонке и устройство для его осуществления. Авторское свидетельство. -1997.
- 21 By Yasuhiko Kobayshi. Special features of water supply structures in regions of high seismic activity Japan. –Токуо, 1961. -№26. –Р. 67-68.
- 22 Напетваридзе Ш.Г. Сейсмостойкость магистральных трубопроводов и специальных сооружений нефтяной и газовой промышленности. – М.: Наука, 1980. –171 с.
- 23 Чехман А.С., Зайнетдинов Х.Х. Расчет, конструирование и эксплуатация трубопроводов в сейсмических районах. – М.: Стройиздат, 1988. – 184 с.
- 24 Мукуртулов Р.М. Вопросы сейсмостойкости подземных трубопроводов: автореф. канд. техн. наук. –Ташкент, 1953.–12 с.
- 25 Окамота Ш. Сейсмостойкость инженерных сооружений: пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1980. – 342 с.
- 26 Бурман И.Н. Результаты обследования последствий землетрясений в Америке и Японии. В кн.: Анализ последствий землетрясений. – М.: ЦНИИ СК им. Кучеренко, 1982. -С. 95-109.
- 27 Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. – М.: Академия, 2003. -512 с.
- 28 Селезнев В.Е. и др. Численное моделирование при анализе опасности аварий на газопроводах ТЭК // Безопасность труда в промышленности. – 2002. -№3. –С. 23 – 27.
- 29 Медведев С.В. и др. Инструкция по проведения сейсмического микрорайонирования //Труды ИФЗ АН СССР. -1962. -№22 (189).–С. 46-48.

30 Коган Л.А., Романов О.А. Количественная оценка сейсмической опасности малых территорий. //Межведомственный Совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству АН СССР. Вопросы количественной оценки сейсмической опасности. -Издательство «Наука». -Москва. -1975. –С.165-177.

31 Наурызбаев Е.М., Конакбаев С., Бишимбаев В.К. Исследование распределения деформации по длине керамической раструбной трубы //Наука и образование Южного Казахстана. –1998. -№7(14). –С. 96-99.

32 Чехман А.С., Меликян А.А. Сейсмостойкость подземных железобетонных емкостных сооружений: научно-технический обзор. – М.: Информнефте- газстрой, 1980. – 47 с.

33 Murphy L.M. Son Fernando, California. Earthquake of February 9. 1971.-Washington, 1973.

34 Наурызбаев Е.М., Утебаев Р. С. Надежность инженерных систем в условиях чрезвычайных ситуаций. // Экология и жизнь. Материалы XII международной научно-практической конференции. – Пенза, 2007. – С.206-208.

35 Наурызбаев Е. М. О пуассоновском распределении очагов землетрясений //Вестник КазНТУ им. К. Сатпаева. -№6(50). -2005. –С. 63-64.

36 Султанов М.М. Оценка надежности сетей водоотведения населенных мест в сейсмических районах, дисс. канд. техн. наук. –М, 1983.

37 Садибеков У., Наурызбаев Е. М., Жармаханбетов Ф. К. Снегоудаление с территории населенных мест //Наука и образование Южного Казахстана. -№5-6(64-65). -2007. –С. 90-92.

38 Дмитриев М.Н., Дмитриев Н.М., Кадет В.В. Обобщенный закон Дарси и структура фазовых и относительных фазовых проницаемостей для двухфазной фильтрации в анизотропных пористых средах //Изв. РАН. МЖГ - 2003. -№ 2. –С.136-145.

39 Наурызбаев Е.М. Основы экологической надежности водоотводящих систем.- Шымкент, 2006. - 205с.

40 Бишимбаев В.К., Торгаев И.А., Наурызбаев Е.М. Предельно допустимые сбросы стоков станции Арысь //Поиск.–1998.-№5.-С. 46-52.

41 СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985г. – 85 с.

42 Сомов М.А., Журба М.Г. Водоснабжение. Том 1. Система забора, подачи и распределения воды. М.: Ассоциации строительных вузов, - 2011. – 140-153 с.

43 Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. М.: Стройиздат. – 1983. – 7-23 с.

44 Постановление Правительства Республики Казахстан № 570 от 24.05.2011. Об утверждении Программы Ак-Булак на 2011-2020 годы.

45 Аносов А.А., Сеницын С.Б. Основы теории сейсмостойкости сооружений. И.: Ассоциация строительных вузов. – М.: - 2010.

46 Абелев М.Ю. Слабые водонасыщенные грунты как основания сооружений. М.: Стройиздат. – 1973. Монография.

47 Временная методика расчета норм сброса сточных вод на поля фильтрации. – Шымкент: областное управление экологии и биоресурсов, 1994. –26 с.

48 Наурызбаев Е.М. Оценка эффективности очистных сооружений по обработке осадков. – Научный мир Казахстана. – 2008. - №5. – 169-177 с.

49 Наурызбаев Е.М. Обеспечение эксплуатационной надежности и безопасности водоотводящих систем. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. 2010.

50 Гутенберг Б. Основы сейсмологии – М. ОНТИ, 1938.

51 Демидовин Е.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики – М. Гос. Изд-во физ – мат . лит., 1960.

- 52 Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1980.
- 53 Ильин Ю.А. Расчет надежности подачи воды. – М.: Стройиздат, 1987.
- 54 Расчет предельно-допустимого сброса (ПДС) загрязняющих веществ в поверхностные водоемы: методические указания. – Шымкент: КазХТИ, 1994. –27 с.
- 55 Вавилин В.А., Васильев В.Б. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активном илом. -М.: Наука, 1979. –240 с.
- 56 Брагинский Л.Н., Евилевич М.А., Бегичев В.И. и др. Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод. -Л.: Химия, 1980.–С. 23-25.
- 57 РНД 211.3.03.03-2000. Методика по установлению предельно-допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ на поля фильтрации и в естественные понижения рельефа местности. – Астана, 2000. -7с.
- 58 Сотскова И.Л. Исследование корректности краевых задач для уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова в классе обобщенных характеристических функций //Тем. сб. науч. тр. МАИ. – М., 1989. –С.46-49.
- 59 [http://www.dep805.ru/education/kk/sp\\_analysis/lists/list\\_6000.html](http://www.dep805.ru/education/kk/sp_analysis/lists/list_6000.html)
- 60 Батюханов О. Г. и др. Математическое моделирование экологических систем и процессов // Экологические системы и приборы. – 2003. - №2. – С. 43 – 48.
- 61 Клейн Г.К. Определение несущей способности подземных трубопроводов по различным предельным состояниям. //Строительство трубопроводов. –1969. -№8. –С. 49-51.
- 62 Наурызбаев Е. М., Сыпабек К. Применение некоторых математических моделей Моно в системе биологической очистки //Поиск. -№1. –С. 138-141.

63 Наурызбаев Е. М. Математическая модель течения сточных вод на поля фильтрации и ЗПО //Наука и образование Южного Казахстана. - №4(44). -2005. –С. 92-94.

64 Наурызбаев Е.М., Кулумбетов С.А., Глеубаева М.С. Гидрогеологические, техногенные, природные факторы, определяющие степень защищенности водоносных горизонтов на промплощадке нефтеперегонного завода г.Шымкента. //Материалы Республиканской научно-теоретической конференции студентов и аспирантов. -Актобе, 1999.

65 Наурызбаев Е.М., Сейсенов С., Сыпабек К.С., Сыпабекова Г.Ж. Общие принципы фильтрования воды через зернистые загрузки (на примере речного песка р.Арысь) //Европейская наука XXI столетия: стратегия и перспективы развития – 2006.: материалы I-межд. научно-практ. конф. –Т.21. Днепропетровск, 2006. –С.34-36.

66 Бабушкин В.Д., Плотников И.И., Чуйко В.М. Методы изучения фильтрационных свойств неоднородных пород. – М.: Недра, 1974. -208с.

67 Наурызбаев Е.М., Сейсенов С., Сыпабек К.С., Сыпабекова Г.Ж. Совершенствование технологии очистки поверхностных водоисточников //Европейская наука XXI столетия: стратегия и перспективы развития – 2006.: материалы I-межд. научно-практ. конф. –Днепропетровск, 2006. - Т.21. –С.36-40.

68 Наурызбаев Е. М., Мынбай Д. К. Теоретические предпосылки оценки основных параметров при моделировании качества воды в малых реках. //Наука и образование Южного Казахстана. -№4(63). -2007. -С. 90-94.

69 Наурызбаев Е.М., Сыпабек К.С. К вопросу о выборе методики оценки показателей загрязнения водоемов // Научные труды международной научно-практической конференции « Индустриально-инновационное развитие - основа устойчивой экономики Казахстана». - Шымкент: ЮКГУ им. М. Ауезова, 2006.

70 Наурызбаев Е.М., Мынбай Д.К. Анализ влияния поверхностных стоков на качество водоемов // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. 2006. –С. 34-37.

71 Наурызбаев Е.М., Мынбай Д.К. Производственный мониторинг – основа экологической безопасности водоемов // Научно-педагогический журнал, 2008. -№3. –С. 267-270.

72 Тютюнова Ф.И. Физико-химические процессы в подземных водах. –М.: Наука, 1976. -128с.

73 Наурызбаев Е.М., Сыпабек К.С., Сыпабекова Г.Ж. Управленческие решения при аварийном загрязнении источника водоснабжения //Индустриально-инновационное развитие – основа устойчивой экономики Казахстана: международная научно-практическая конференция. – Шымкент, 2006. –С.495-497.

74 Лебедев А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод. –М.: Недра, 1976. -233с.

75 Мынбай Д., Наурызбаев Е. М. Анализ экологической обстановки некоторых бассейнов рек Казахстана //Наука и образование Южного Казахстана. -№3.-С. 142-152.

76 Наурызбаев Е.М. Надежность насосных станций систем водоотведения в процессе эксплуатации.// Известия научно-технического общества «КАХАК». - 2009.-№1(23). –Стр.77-81.

77 Рекомендации по контролю за состоянием грунтовых вод в районе размещения золоотвалов ТЭС. ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева

78 Сыпабекова Г.Ж., Наурызбаев Е.М., Сыпабек К.С., Сейсенов С. Исследование новых коагулянтов //Европейская наука XXI столетия: стратегия и перспективы развития – 2006.: материалы I-межд. научно-практ. конф. —Т.21. Днепропетровск, 2006. –С.44-48.

79 Кугмект Л. С. и др. Формирование речного стока.–М.: Наука, 1983. -216с.

80 Чугаев Р. Гидравлика. 3 – е изд. Л.: Энергия, 1975. -599с.



81 Яковлев С.В., Демидов О.В. Современные решения по очистке природных и сточных вод //Экология и промышленность России. –1999. – С. 12-15.

82 Беляев Н.Н., Малевич Ю., Хрущ В.К. Моделирование загрязнения подземных вод в окрестности водоотстойника //Изв. вузов. сер. Энергетика. 1995. -№1-2, –С.82-85.

83 <http://www.oglibrary.ru/data/demo/2511/25110298.html> .

84 Effect of ozonation on the removal of cyanobacterial toxins during drinking water treatment. Hoeger Stefan J., Dietrich Daniel R., Hitzfeld Bettina C. Environ. Health Perspect. -2002. -Vol.110, №11, -P.1127–1132.

85 Hanchang S., Zhansheng W. The experimental research of Ozone – UV photooxidation //Ozone Ultraviolet Water Treatment. –Amsterdam, 1986. - Vol.11. –P.68-70.

86 МУ 2.1.5.732-99. Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением, методические указания. –М.: Минздрав России, 1999. -12с.

87 Проект № 321-865-ТК-ПЗ. Канализация г.Шымкент. III очередь развития. - Алма-ата. –Союзводоканалпроект, 1967. –42 с.

88 Наурызбаев Е.М., Калицун В.И. Методы и формы регистрации аварий систем водоотведения. // Дж. ЦНТИ: №50-84, 1984г.

89 Бишимбаев В.К., Бондарь А.А., Наурызбаев Е.М. Проверка гипотезы о законе распределения времени восстановления насосной установки после отказа по закону Эрланга 2-го порядка //Наука и образование Южного Казахстана. –1996. -№2. –С. 270-272.

90 Бишимбаев В.К., Бондарь А.А., Наурызбаев Е.М. Проверка гипотезы о распределении наработки на отказ водоотводящих сетей по экспоненциальному закону. //Наука и образования Южного Казахстана.

91 Технорабочий проект временной канализации локомотивного депо, бани, мастерских на ст. Туркестан. – Алма–Ата: –Желдорпроект, 1973. -57 с.

92 Наурызбаев Е.М., Турысбеков С.Ж. Обеспечение устойчивости работы систем водоснабжения и водоотведения // Научный мир Казахстана. - № 4 (26). -2009. -С.196-200.

93 Сан ПиН № 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений.

94 Бишимбаев В. К., Садибеков У., Наурызбаев Е. М. Некоторые системы биоочистки сточных вод //Наука и образование Южного Казахстана. №5-6(64-65). -2007. –С. 69-71.

95 Наурызбаев Е.М., Сыпабек К.С. Анализ надежности функционирования очистных сооружений //Научные труды международной научно-практической конференции «Индустриально-инновационное развитие - основа устойчивой экономики Казахстана». - Шымкент: ЮКГУ им. М. Ауезова М 2006.

96 Наурызбаев Е.М., Мынбай Д.К. Современные экологические проблемы юга Республики Казахстан, связанные с вопросами водоснабжения. // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. -2006.

97 Наурызбаев Е.М., Мынбай Д.К. Анализ функционирования водоотводящих систем в сейсмоопасных регионах с учетом их экологической безопасности //«Nauka i inowascja – 2009». -Praha, 2009. –С.

98 Наурызбаев Е.М. Оценка эффективности очистных сооружений по обработке осадков. Научный мир Казахстана. 2008. -№5(21).-Стр 169-178.

99 Бишимбаев В.К., Тортаев И.А., Наурызбаев Е.М. Предельно допустимые сбросы сточных вод в пруды – накопители //Проблемы экологии АПК и охраны окружающей среды. –1998.-Часть 2.-С. 194-196.

100 Наурызбаев Е.М., Тортаев И.А. Методика эколого-экономического сравнения вариантов с учетом показателей надежности водоотводящих сетей // Материалы 2-й международной научно-

технической конференции «Проблемы экологии АПК и охраны окружающей среды», 1998.

101 Наурызбаев Е.М. Экономическая эффективность автоматизации и диспетчеризации канализационных насосных станции г. Тараз //Научный мир Казахстана. -2009. №2(24). -Стр.29-34.

102 Наурызбаев Е.М. Надежность насосных станции систем водоотведения в процессе эксплуатации // Известия научно-технического общества «КАХАК». - 2009. -№1(23). –Стр.77-81.

103 Наурызбаев Е.М. Расчет системы – аэротенк -вторичный отстойник //А.Яссауи атындағы Халықаралық Қазақ-түрік университетінің ХАБАРШЫСЫ ғылыми журнал. -2009. -№1(64). -Стр. 90-93.

104 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования (утв. Госстроем России, Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госкомпромом России 31 марта 1994 г. № 7-12/47)

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Фотографии резервуаров чистой воды до реконструкции



Фото 1 Вертикальная трещина на стенке резервуара чистой воды  
(ширина 35 - 50 мм, длина по всей высоте резервуара 3,64м)



Фото 2 Трещина на днище резервуара чистой воды  
(ширина трещины около 35мм, длина более 18 м)



Фото 3 Трещина на днище резервуара чистой воды  
(ширина трещины около 35мм, длина более 18 м)

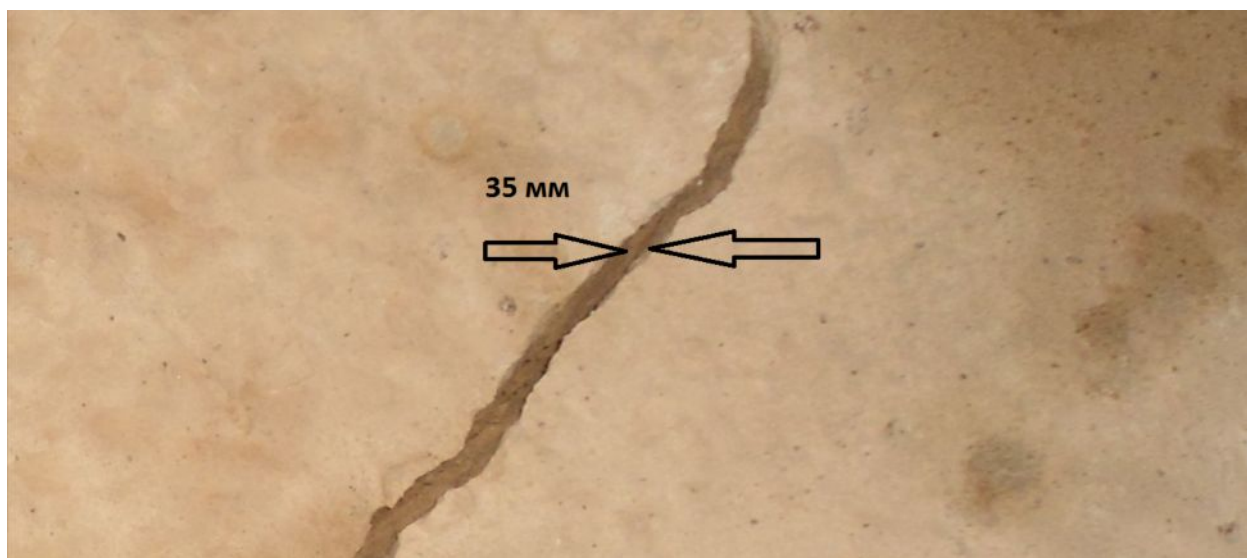


Фото 4 Фрагмент трещина на днище (ширина 35мм, длина 18м)



Фото 5 Трещина в стене, переходящая на днище резервуара чистой воды

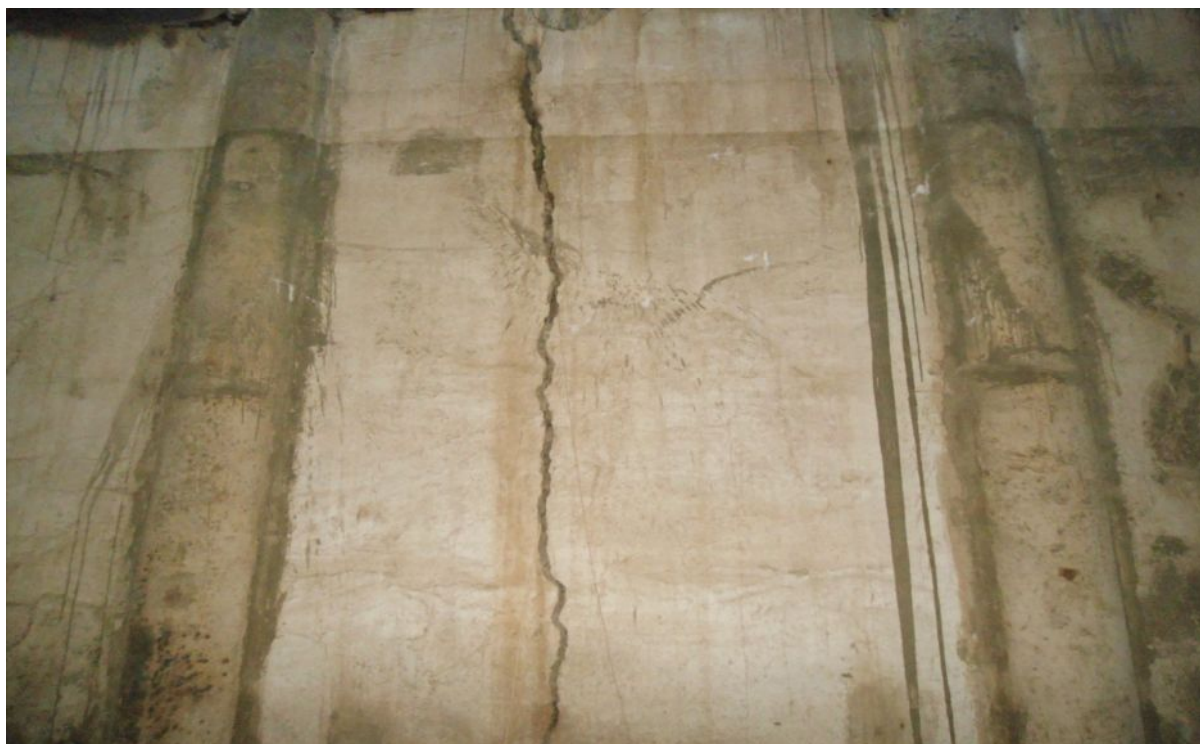


Фото 6 Вид трещина в стенке резервуара чистой воды  
(ширина до 50 мм, длина по всей высоте стенки 3,64 м)



Фото 7 Вид трещины в стенке резервуара чистой воды  
(ширина до 50 мм, длина по всей высоте стенки 3,64 м)



Фото 8 Вид трещины, переходящей от стенки резервуара  
на днище (угол стены и пола)





Фото 9 Вид резервуара чистой воды до осуществления восстановительных работ



Фото 10 Вид резервуара чистой воды до осуществления восстановительных работ



Фото 11 Вид резервуара чистой воды до осуществления восстановительных работ



Фото 12 Вид снаружи вертикальной трещины на стенке резервуара чистой воды



Фото 13 Вид снаружи вертикальной трещины на стенке резервуара чистой воды



Фото 14 Вид обвала грунта обсыпки в районе образования трещины



Фото 15 Вид обвала грунта обсыпки в районе трещины  
**Фотографии резервуара чистой воды после реконструкции**



Фото 16 Вид резервуара чистой воды после  
восстановительных работ



Фото 17 Вид резервуара чистой воды после восстановительных работ



Фото 18 Вид резервуара чистой воды после  
восстановительных работ



Фото 19 Вид резервуара чистой воды после  
восстановительных работ



Фото 20 Вид резервуара чистой воды после  
восстановительных работ



Фото 21 Вид резервуара чистой воды после  
восстановительных работ



Фото 22 Вид резервуара чистой воды после  
восстановительных работ



Фото 23 Вид резервуара чистой воды после  
восстановительных работ



Фото 24 Вид резервуара чистой воды после  
восстановительных работ