

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 18.04.01 «Химическая технология»
 Кафедра физической и аналитической химии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Очистка водных сред от микробиологических загрязнений с использованием адсорбентов на основе газобетона

УДК 628.16:661.183.067

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ4Г	Кан Т.Л.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ФАХ	Воронова О.А.	К. Х. Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Криницына З.В.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Шеховцова Н.С.	доцент, к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав.кафедры ФАХ ИПР	Пестряков А.Н.	Д.Х.Н.		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.04.01 «Химическая технология»

Кафедра физической и аналитической химии

Уровень образования магистратура

Период выполнения (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2016г
--	-------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
<i>21.04.2016г.</i>	<i>Литературный обзор по теме</i>	<i>20</i>
<i>14.05.2016г.</i>	<i>Методики эксперимента</i>	<i>30</i>
<i>20.05.2016г.</i>	<i>Обсуждение результатов</i>	<i>50</i>

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ФАХ	Воронова О.А.	К. Х. Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав.кафедры ФАХ ИПР	Пестряков А.Н.	Д.Х.Н.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Природных ресурсов
 Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»
 Кафедра Физической и аналитической химии

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

_____ Пестряков А.Н.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ4Г	Кан Татьяне Леонидовне

Тема работы:

Очистка водных сред от микробиологических загрязнений с использованием адсорбентов на основе газобетона

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№3358/с от 06.05.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

31.05.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

Провести литературный обзор по тематике научно-исследовательской работы, а именно: проработать информацию о методах очистки воды и применению синтетических сорбентов в качестве фильтров; в экспериментальной части описать использованное оборудование, представить методики проведения экспериментов; проанализировать полученные результаты, сделать выводы, заключение; проанализировать ресурсоэффективность проекта; провести анализ социальной ответственности.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение; литературный обзор; экспериментальная часть; результаты и их обсуждения; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность; заключение.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
по иностранной части	Рыманова И. Е.
по разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Криницына З.В.
По разделу: «Социальная ответственность»	Шеховцова Н.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Раздел 1. Литературный обзор	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ФАХ	Воронова О.А.	к. х. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ4Г	Кан Татьяна Леонидовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ4Г	Кан Татьяна Леонидовне

Институт	ИПР	Кафедра	ФАХ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектами исследования являются: синтетический сорбент – измельченный немодифицированный и модифицированный газобетон (ГОСТ 25485-89) и <i>Escherichia coli</i> штамм ATCC-25922 в качестве тестовой культуры.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению: 1.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (<i>техника безопасности</i>):	- Отклонение показателей микроклимата в помещении; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - превышение уровней шума; - электробезопасность; - токсические, раздражающие факторы возникающие при работе с химическими реактивами; - пожаровзрывоопасность.
2. Экологическая безопасность:	- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее возможные ЧС: - связанные с производственными авариями (пожары, взрывы, выброс вредных веществ в окружающую среду) - связанные со стихийными бедствиями (землетрясения, наводнения, ураганы, смерчи, снежные бури, заносы, оползни, обвалы, эпидемии, лесные и торфяные пожары..
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	- Технический регламент «О безопасности средств индивидуальной защиты» при работе в лаборатории.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шеховцова Н.С.	К.Х.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ4Г	Кан Татьяна Леонидовна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ4Г	Кан Татьяна Леонидовне

Институт	Кафедра	ФАХ
Уровень образования	Высшее	Направление/специальность
		Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Себестоимость ресурсов научного исследования составила 3840 рублей, амортизация специального оборудования 100369 рублей, итоговая плановая себестоимость НИ 212833 рублей.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Отчисления на социальные нужды 30% составили 74431,24 рублей.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1.1. Потенциальные потребители результатов исследования 1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 1.3. SWOT-анализ 1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации 1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования
2. Разработка устава научно-технического проекта	2.1. Устав проекта 2.2. Организационная структура проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	3.1. План проекта 3.2. Бюджет научного исследования 3.3. Организационная структура проекта 3.4. Потенциальные риски 3.5. План управления коммуникациями проекта 3.6. Реестр рисков проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
6. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына З.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ4Г	Кан Татьяна Леонидовна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 129 страниц, 15 рисунков, 30 таблиц, 99 использованных литературных источника, 1 приложение.

Ключевые слова: газобетон (ГОСТ 25485-89), штамм бактерии *Escherichia coli* ATCC-25922, очистка воды, микробиологическое загрязнение водных сред.

Объектом исследования являются немодифицированный и модифицированный синтетический сорбент на основе измельченного газобетона (ГОСТ 25485-89) и штамм бактерии *Escherichia coli* ATCC-25922.

Цель работы – оценка эффективности использования синтетических сорбентов на основе газобетона для очистки водных сред от микробиологических загрязнений.

В процессе исследования проводился подбор фракционного состава, модификация синтетического сорбента, элементный состав сорбента, определение удельной поверхности и удельного объема пор по тепловой десорбции азота, оценка гидродинамического сопротивления, фильтрация тестовой суспензии, анализ фильтрата и культивация микроорганизмов после фильтрации, определение фильтрующей способности сорбентов в отношении бактерий *E. Coli*.

В результате исследования получены оптимальные фракции сорбента и их смеси, определены физико-химические характеристики, изучены сорбционные свойства и доказана потенциальная возможность применения синтетических сорбентов на основе газобетона для очистки водных сред.

Область применения: водоочистка и водоподготовка в различных отраслях промышленности.

Степень внедрения – частичная.

Эффективность – использования синтетических сорбентов является дешевым и простым методом очистки водных сред.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения;

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт;

ПЦР – полимеразная цепная реакция;

БГКП – бактерии группы кишечной палочки;

ГАУ – гранулированный активированный уголь;

ПАУ – порошкообразный активированный уголь;

МПА – мясопептонный агар;

МПБ – мясопептонный бульон;

КОЕ – колониеобразующие единицы;

ТТХ - трифенилтетразолиум хлорид.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	12
ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	15
1.1. Проблемы микробиологических загрязнений водных сред.....	15
1.2 Методы определения микроорганизмов в водных средах.....	20
1.3 Микробиологические показатели качества воды.....	25
1.4 Методы очистки воды от микроорганизмов.....	26
1.5 Характеристика и применение адсорбентов.....	29
1.5.1 Активированный уголь.....	31
1.5.2 Цеолиты.....	32
1.6 Применение газобетона в качестве синтетического сорбента для очистки воды.....	35
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	38
2.1 Приборы и оборудование.....	38
2.2 Реактивы.....	39
2.3 Объекты исследования.....	39
2.4 Методы исследования.....	40
2.4.1 Приготовление питательных сред.....	40
2.4.2 Работы с бактериальными культурами.....	41
2.4.2.1 Селекция чистой культуры E. Coli на среде Эндо.....	42
2.4.2.2 Приготовление модельного раствора культуры E. Coli для тестирования исследуемых фильтров.....	42

2.4.2.3 Анализ фильтрата и культивация микроорганизмов после фильтрации.....	43
2.4.3 Подсчет общего количества микроорганизмов методом Коха.....	44
2.4.4 Метод фильтрации воды с помощью фильтров на основе газобетона для оценки степени очистки от микробиологических загрязнений.....	45
2.4.5. Методика модификации газобетона.....	47
2.5 Статистическая обработка результатов.....	48
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	49
3.1 Получение различных фракций синтетического сорбента.....	49
3.2 Изучение физических характеристик поверхности сорбционных материалов.....	49
3.3 Оценка гидродинамического сопротивления исследуемых фильтров на основе газобетона.....	51
3.4 Анализ сорбционных свойств нового сорбента в отношении микробиологических загрязнений воды.....	55
3.4.1 Сорбционные свойства немодифицированного газобетона.....	56
3.4.2 Сорбционные свойства модифицированного газобетона.....	57
3.4.3 Сорбционные свойства смесей немодифицированного газобетона.....	59
3.4.4 Сорбционные свойства смесей модифицированного газобетона.....	60
ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	62
4. 1. Предпроектный анализ.....	62
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	62

4.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	62
4.3 SWOT-анализ.....	64
4.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	65
4.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	66
4.6. Инициация проекта.....	67
4.7. Планирование управления научно-техническим проектом.....	69
4.7.1. Организационная структура проекта.....	69
5.7.2. План проекта.....	69
4.8. Бюджет научного исследования.....	72
4.9. Потенциальные риски.....	77
4.10. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	80
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	85
5.1 Производственная безопасность.....	85
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследования и обоснование мероприятий по их устранению.....	87
5.2 Экологическая безопасность.....	96
5.2.1 Анализ влияния объекта и процесса исследования на окружающую среду.....	96
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	97

5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования.....	97
5.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	98
5.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	99
РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	101
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ.....	102
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	113

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время водная среда является источником основного количества загрязняющих веществ. Социальная составляющая водопользования резко увеличилась за последние годы, в связи с изменением структуры использования воды. С учетом прогнозов развития отраслей экономики, численности населения и возможных изменений удельных показателей использование пресной воды может возрасти к 2020 г. (по сравнению с 2005 г) возможен рост водопотребления промышленного производства и электроэнергетики. В связи с развитием агропромышленного комплекса возможен рост водопотребления в сельском хозяйстве [1]. По данным экспертов, на сегодняшний день, нормативам питьевой воды в России не соответствует от 30 до 60%. Выявлено более 6 тысяч участков загрязнения водных сред на территории страны [2]. Одной из наиболее важных проблем является загрязнение и качество водных сред, связанной с неудовлетворительной очисткой на водопроводных станциях, загрязнением вредных веществ, микробиологическим загрязнением. Перспективным подходом в данной ситуации является поиск новых методов и средств дополнительной подготовки и очистки водных сред.

Сорбционные методы очистки получили широкое распространение вследствие отсутствия вторичного загрязнения и высокой эффективности. Актуальным решением служит удешевление очистки технической, питьевой и сточных вод [3]. Как правило, природные сорбенты не всегда удовлетворяют современные технологические требования, так как они недостаточно прочны и их регенерация возможна при условии соблюдения жестких требований [4]. Поэтому перспективным методом является применение синтетических сорбентов, в связи с их хорошей поглощательной способностью и возможностью к модификации.

Необходимо создание научных основ использования синтетических сорбентов в водоочистке, для этого следует выбрать рациональные пути их применения и обобщить имеющиеся сведения об их использовании в

конкретных процессах по очистке водных сред.

Цель исследования: заключается в экспериментальной оценке эффективности использования синтетических сорбентов на основе газобетона для очистки водных сред от микробиологических загрязнений.

В соответствии с этим в работе были поставлены следующие **задачи**:

1. Подобрать оптимальные фракции и их смеси на основе нового синтетического сорбента для получения оптимальных гидродинамических характеристик фильтров.
2. Изучить физико-химические характеристики синтетических сорбентов на основе газобетона.
3. Изучить сорбционные свойства синтетических сорбентов на основе газобетона для очистки воды от микробиологических загрязнений.
4. Оценить возможность применения синтетических сорбентов для индивидуальной и коллективной доочистки водных сред от микробиологических загрязнений.

Научная новизна проекта. Впервые использованы синтетические сорбенты на основе газобетона для очистки воды от микробиологических загрязнений. Определены их сорбционные характеристики.

Практическая значимость. Результатом работы стало комплексная оценка возможности применения нового синтетического сорбента на основе газобетона для очистки воды микробиологических загрязнений в стационарных и переносных системах водоочистки.

Практическая значимость результатов ВКР полученных фильтров для очистки воды заключается в применение синтетических сорбентов на основе газобетона в промышленности, для очистки водных сред от микробиологического загрязнения.

Реализация и апробация работы. Основные результаты диссертационного исследования были представлены на XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени профессора Л.П. Кулёва. В разделе

охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. По теме диссертации опубликованы 2 тезиса и подана статья в журнал “Toxicology International” (SCOPUS) в которых нашли отражение теоретические принципы и результаты работы.

Объем и структура магистерской диссертации. Диссертационная работа изложена на 129 страницах, содержит 30 таблиц, 15 рисунков и библиографию из 99 наименований. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений.

Во введении раскрыта актуальность темы, определены цели и задачи исследования, сформулированы научная новизна и практическая значимость работы. В первой главе приведен литературный обзор. Рассмотрены проблемы микробиологических загрязнений, основные микробиологические показатели воды, а также методы очистки воды от микроорганизмов.

Во второй главе описаны методы приготовления питательных сред, порядок выполнения работ с бактериальными культурами, подсчет общего количества микроорганизмов методом Коха, метод фильтрации воды с помощью фильтров на основе газобетона, метод модификации синтетического сорбента.

В третьей главе исследовано гидродинамическое сопротивление исследуемых фильтров, физико-химические характеристики и сорбционные свойства.

В четвертой главе дано экономическое обоснование проекта, рассмотрены вопросы финансовой эффективности и ресурсосбережения.

В пятой главе рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности в процессе использования синтетических сорбентов на основе газобетона для очистки водных сред. Акцент сделан на аспектах социальной ответственности ученого.

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1. Проблемы микробиологических загрязнений водных сред

Одним из важных элементов в жизни любого человека является вода. Пресная вода составляет 3% от общего объема воды. Из этого количества человек может использовать лишь небольшой процент пресной воды, который составляет 0,01%. В связи с ростом населения, развития урбанизации и нерационального использования в промышленности и сельском хозяйстве эта небольшая часть пресной воды находится под угрозой [5].

В последнее время распространенными загрязнениями водных сред являются нефтепродукты, хлорорганические пестициды, фенолы, соединения цинка и меди, а также микробиологические загрязнения. Прослеживается направленность к увеличению сбрасывания в водные объекты загрязненных сточных вод [6]. По данным водного государственного кадастра в 2003 году в поверхностные воды сброшено около 20 миллиардов кубических метров неочищенных сточных вод [7].

Обследование водозаборов показало, что загрязнение воды можно характеризовать, как «высокое» и «чрезвычайно высокое». Наличие высокотоксичных соединений обусловлено в Томской, Курганской и Тюменской области [8]. Наблюдается рост объема сбрасываемых недостаточно очищенных и без очистки загрязненных сточных вод, при общем снижении объемов сброса в водные объекты страны.

Сточные воды различных предприятий, канализационная сеть, промышленные и бытовые свалки являются основными источниками микробиологического загрязнения [9]. Патогенные микроорганизмы обнаруживаются в подземных водных средах на глубине до 300 м. Причиной заболеваемости около 40% населения служит микробиологическая загрязненность воды [10].

Как правило, все современные способы очистки воды предназначены для того, чтобы удалить из воды, как можно больше примесей. При

проектировании систем очистки возникает проблема столкновения с микробиологическим загрязнением, вносимых в очищенную воду [11]. Чтобы представлять, как бороться с микробиологическим загрязнением, нужно знать о возможных микроорганизмах, которые могут присутствовать в водной среде, их оптимальные условия развития.

Патогенными микроорганизмами называются микроорганизмы, способные вызывать инфекционные заболевания в живом организме [12]. В процессе изменения окружающей среды и времени происходит увеличение числа патогенных микроорганизмов за счет их изменений и адаптаций. С течением времени уже известный патоген может мутировать и проявлять другие свойства, а также вызывать другие виды заболеваний [13]. Из 175 видов 96 различных инфекционных возбудителей, классифицируются как новые патогенные микроорганизмы. 75% из этой группы составляют зоонозные виды, которые передаются человеку через животных, обычно это связано с употреблением в пищу мяса, яиц и молока от больных животных [14].

Методы эпидемиологических и санитарно-микробиологических исследований позволяют обнаруживать патогенные виды микроорганизмов, а также сопоставлять уже известные патогены с характерными симптомами и вызываемыми заболеваниями. В результате изменений иммунологического состояния человека, а также экологических, демографических и социально-экономических изменений происходит адаптация патогенных микроорганизмов к определенным условиям, что представляет серьезную проблему для общественного здравоохранения [15].

Патогенные микроорганизмы, вызывающие инфекционные заболевания и передаваемые через питьевую воду представляют особый фактор риска для здоровья. Исследования показали, что патогены передаваемые через воду являются одной из основных причин заболеваемости и смертности во всем мире [16]. Количество заболевших людей с каждым годом возрастает, а спектр заболеваний передаваемых через воду увеличивается.

Определение патогенных и болезнетворных микроорганизмов относится к одной из основных проблем водных сред. Бактериальное загрязнение питьевой среды является причиной появления различных заболеваний. Например, диарея, тошнота, гастроэнтерит, брюшная дизентерия. Чаще всего заболевают дети и люди со слабой иммунной системой [17, 18]. Одним из наиболее распространенных патогенов являются колиформные бактерии (*Escherichia Coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* и *Klebsiella*), которые также служат микробными индикаторами загрязнения питьевой воды. Источники колиформных загрязнений можно обнаружить в фекалиях, в окружающей среде, а также в воде с относительно высокой концентрацией питательных веществ [19]. В соответствии со стандартом Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) общее количество колиформных бактерий в 100 мл воды не должны превышать допустимых уровней [20].

Имеющиеся в желудочно-кишечном тракте человека колиформные бактерии, редко могут вызывать какие-либо заболевания. *E. Coli* участвует в борьбе с болезнетворными бактериями, попадающими в ЖКТ, активно способствует обменным пищеварительным процессам, имеет отношение к развитию защитных функций иммунной системы. Однако под влиянием внешних и внутренних факторов данные микроорганизмы могут стать опасными для организма. Например, имеется тип опасных колиформных бактерий, известные как *E. coli* 0157:H7, способные вырабатывать токсины [21]. Данный вид, попадая в организм человека через пищу или воду может вызвать кровавую диарею, а также есть вероятность появления почечной недостаточности.

С 1970 года в качестве патогенов были обнаружены *Cryptosporidium*, *Legionella* [22], *Escherichia coli* O157 (*E. coli* O157), ротавирус, гепатит Е и норовирус (ранее вирус Norwalk) найденные в окружающей среде, а также в фекалиях человека и животных [13]. В настоящее время благодаря достижениям в области науки, техники и эпидемиологии проводить исследования по уровню патогенов в воде и их обнаружению становится

значительно легче. Недавно открытый патоген передаваемый через воду - *Helicobacter pylori*.

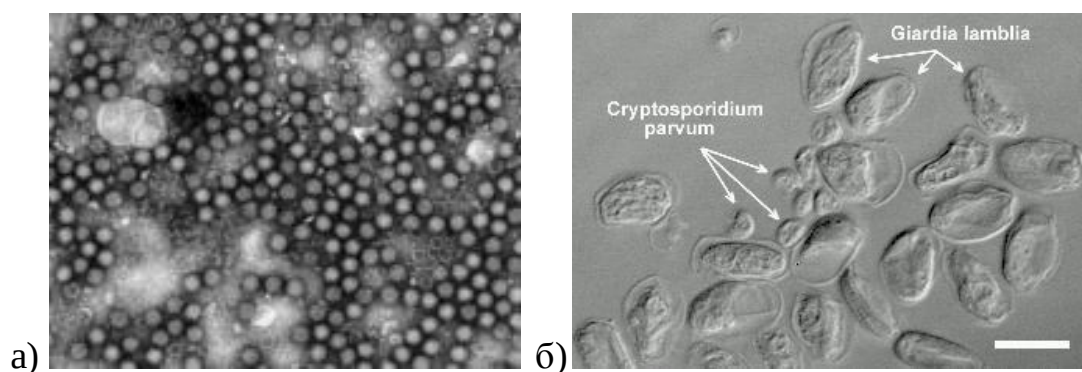


Рисунок .1.1 – Внешний вид бактерий а) ротавирус и б) *Cryptosporidium* и *Giardia*

Существует похожие симптомы между инфекцией *H. Pylori* и болезнью рака желудка. Факторы, которые влияют на этиологию рака желудка, включают в себя разнообразие штаммов, схожих с симптомами бактерий *H. Pylori*. Однако инфекция *H. Pylori* незначительно увеличивает возможность возникновения рака желудка [23]. Ряд исследований показал, что бактерии *H. Pylori* может оставаться жизнеспособной в воде в течение нескольких дней.



Рисунок 1.2 – Внешний вид бактерий *Helicobacter pylori*

В последнее время есть вероятность появления уже известных ранее патогенных микроорганизмов, переносимых через водную среду. Это обусловлено возникновением и распространением устойчивых к лекарствам паразитов (например, бактерии *Plasmodium*, вызывающие малярию) и устойчивых вирусов. Также происходит изменение условий развития водных

ресурсов и урбанизации в целом, что приводит к благоприятным условиям для микроорганизмов [24].

На рисунке 1.3 показано разнообразие видов патогенных микроорганизмов, способных вызывать инфекционные заболевания. Видно, что большую часть патогенов, составляют бактерии и вирусы [25]

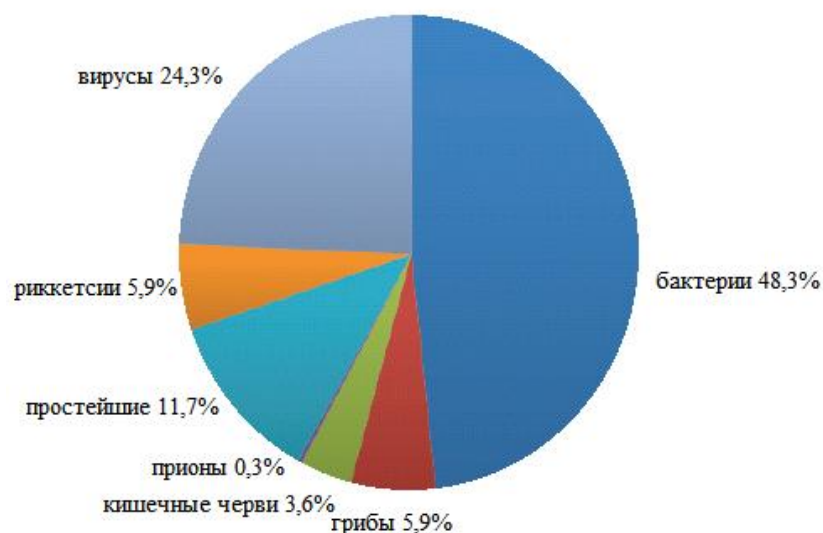


Рисунок 1.3 – Разнообразие видов патогенных микроорганизмов

Появление новых и известных патогенных микроорганизмов происходит за счет различных факторов. Можно выделить несколько из них: возникновение новых сред и технологий, открытие научных достижений, а также в возможности уязвимости человека. Патогенные микроорганизмы постоянно эволюционируют и размножаются, относительно быстро адаптируются к новым условиям, а также часто подвергаются мутациям. Влияют производства, которые связаны с водной средой, например, сельское хозяйство, управление по контролю над сточными водами [15, 20]. В соответствии со стратегиями защиты ресурсов и управления на данных производствах должен производиться контроль и учет возможного микробиологического загрязнения. Также возможное влияние могут оказать демографические, социально-экономические факторы, на которые трудно осуществить определенные меры контроля по очистке водных сред.

1.2 Методы определения микроорганизмов в водных средах

Патогенным микроорганизмам для обеспечения своей жизнедеятельности требуется благоприятная среда, чаще всего это пищеварительный тракт человека и большинства теплокровных животных. За счет изменения характеристик и условий в среде, патоген быстро приспосабливается и адаптируется под среду [13]. При изменении своих свойств патогенный микроорганизм может мутировать и образовывать новые штаммы с другими характерными симптомами.

Сооружения и производства связанные с водоснабжением при попадании патогенов могут привести к распространению таких заболеваний как, малярия, шистосомоз, филяриоз и японский энцефалит [26]. Кроме того, изменение климата способствует появлению видов комаров, ответственных за передачу малярийного паразита и вируса Денге.

Появление новых технологий оказывает нейтральное влияние на экологию патогенных микроорганизмов. Однако технологии, используемые при обработке, хранении и распределении воды могут привести к новым путям воздействия патогенных микроорганизмов [27]. Системы распределения водных систем разрабатываются для улучшения и поддержания качества воды. Но также есть возможность возникновения патогенов с появлением побочных продуктов, случайного занесения в распределительные системы. При возможных рисках, разрабатывают методы для устранения или снижения попадания патогенных микроорганизмов в водную систему [15].

Во время вспышки холеры в Германии в 1892 году, была продемонстрирована эффективность фильтрации с помощью песка, предназначенная для удаления патогенных микроорганизмов из питьевой воды. В Гамбурге был очень высокий уровень смертности среди населения, в то время, как в соседнем городе Алтон удалось избежать большого количества смертности при использовании песчаной фильтрации [28]. Данная фильтрация была введена в качестве альтернативной технологии очистки воды. Во время фильтрования водной среды на фильтрах могут концентрироваться бактерии

рода *Cryptosporidium oocysts* [29], что потенциально опасно для здоровья человека. Для поддержания эффективности фильтрования, требуется регулярная очистка песчаных фильтров установки с помощью «обратной промывки».

Наиболее широко используемым дезинфицирующим средством питьевой воды является хлор. Впервые он был использован для очистки воды Джоном Сноу, во время вспышки холеры в Лондоне [30]. Использование хлора для очистки воды внесло огромный вклад в безопасность питьевой воды, однако есть недостатки его использования, которые заключаются в следующем:

- Несмотря на то, что хлор эффективен против большинства вегетативных бактерий и вирусов, при нормальной концентрации он не дезинфицирует от бактерий *Cryptosporidium oocysts* [31]. Кроме того, хлор имеет ограниченное воздействие на патогенные микроорганизмы, растущих в биопленке. Таким образом, его использование снижает общие риски и влияет на воздействие только основных патогенов.

- Побочные продукты, которые остаются после дезинфекции хлором, которые отражаются в запахе и вкусе [32].

Несмотря на обработку исходной воды и использования дезинфицирующего хлора, загрязнение водопроводной системы продолжает расти. Попадание микроорганизмов происходит во время утечки в трубах, других уязвимых частях системы, а также во время работ по техническому обслуживанию [33]. После попадания в систему водоснабжения бактерии, грибы и простейшие прикрепляются к внутренней поверхности труб. Некоторые из видов могут образовывать биопленки, которые затрудняют их дальнейшее удаление из системы.

Достижения в области аналитических методов являются одним из элементов определения патогенных микроорганизмов [34]. Выявление и поиск новых микроорганизмов дает возможность сопоставить уже патогены с заболеваниями неизвестной этиологии. Тем не менее, остается значительный процент от общего числа заболеваний который не удалось ассоциировать.

Статистические данные в период с 1991 до 2000 год показывают, что около 40% возбудителей питьевой воды не было идентифицировано.

В настоящее время методы выделения и идентификации микроорганизмов быстро развиваются в соответствии с концепцией микробной теории инфекционных заболеваний. В течение первой половины 20-го века возможности аналитических методов значительно возросли, в особенности это касается методов отбора и подсчета патогенных микроорганизмов, а также открытия новых методов идентификации организмов и их клеточных структур. Благодаря методам количественного учета микроорганизмов были выделены и охарактеризованы большинство бактериальных и протозойных патогенных микроорганизмов [35].

Самый большой прорыв в области аналитической технологии в течение последних 30 лет открытие простого и эффективного метода связанного с генетическим материалом организма. В настоящее время данный метод широко используется в медицинских, судебно-медицинских и экологических лабораториях, который называется полимеразной цепной реакцией (ПЦР). Метод ПЦР позволяет выявить микроорганизмы из различных источников, а также может быть использован для обнаружения чрезвычайно малых количеств нуклеиновой кислоты, которая эквивалентна одному микроорганизму. Обнаружение нуклеиновой кислоты с помощью ПЦР не означает явное присутствие патогенных микроорганизмов, но данный метод является отличным поисковым инструментом [36].

Значительное количество вирусов, связанных со вспышками болезней в водной среде не могут быть выращены в лаборатории с использованием обычных методов культивирования [25]. Применение метода ПЦР для анализа патогенных микроорганизмов в воде позволил определить некоторые из наиболее важных вирусных патогенов. Например, норовирусы, ротавирусы и вирус гепатита Е [36].

Разработанные недавно технологии оцениваются на возможность их применения в водной микробиологии. Количественное изучение клеток

возможно при помощи лазерного излучения данный метод служит для количественного определения частиц или распознавания структурных особенностей клетки [37]. Аналитические возможности методики могут быть дополнительно расширены за счет использования флуоресцентных моноклональных антител [38], которые являются специфичными для конкретного патогенного микроорганизма. Идентификация новых и уже изученных возбудителей не полагается только на аналитические методы.

Иммунная система обеспечивает эффективную защиту от инфекций. Помимо возраста, на эффективность иммунной системы влияет, уровень питания, стресса, чрезмерное воздействие ультрафиолетового облучения, беременность. Некоторые факторы могут оказать сильное воздействие на иммунную систему. Трансплантация органов, таких как сердце, печень и почки, сопровождается длительным применением иммуноподавляющих препаратов для предотвращения отторжения нового органа. Лечение рака включает в себя процедуры, которые снижают эффективность иммунной системы. Данная группа людей очень восприимчивы к инфекционным заболеваниям и имеет большой риск смертности от доброкачественных инфекций [39].

Определение микроорганизмов в воде производят согласно ГОСТу и санитарно-показательным нормам [40, 41]. Общее количество бактерий в воде определяют путем посева воды в стерильные чашки Петри, в которые затем добавляют расплавленный и остуженный до 42—45°C агар. При исследовании чистой воды засевают 1 мл, а при исследовании загрязненных вод делают посевы по 1 мл определенных разведений воды (1:10; 1:100 и более). Чашки помещают в термостат при 37°C на 24 ч (или при 20—22°C на 48 ч) и по истечении срока инкубации подсчитывают все колонии, выросшие как на поверхности агара, так и в глубине его, выбирая чашки, в которых наиболее удобно произвести подсчет колоний.

Общее количество бактерий определяют в пересчете на число колоний, выросших при посеве 1 мл воды. Считают, что в 1 мл чистой воде общее количество бактерий должно быть не более 100, в воде сомнительной чистоты -

от 100 до 1000, в загрязненной - свыше 1000. Общее количество бактерий в 1 мл водопроводной воды не должно превышать 100; для колодцев и открытых водоемов допускают до 1000.

Интенсивность фекального загрязнения воды характеризуют два показателя:

- 1) индекс кишечной палочки (коли-индекс) — количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП), обнаруженное в 1 л воды;
- 2) титр кишечной палочки (коли-титр) — наименьшее количество миллилитров воды, в котором обнаруживают БГКП.

Для определения количества БГКП используют метод мембранных фильтров, который основан на концентрировании определенных объемов воды на мембранных фильтрах с последующим посевом их на среду Эндо. Бродильные (титрационные) методы, предусматривают посев определенного количества воды на среды обогащения, а метод прямого посева - определенных разведений воды на среду Эндо. Бродильный метод удлиняет срок анализа на сутки.

Выбор метода исследования зависит от качества воды. Чистые воды, которые хорошо фильтруются (вода централизованного водоснабжения), исследуют методом мембранных фильтров. Если воды содержат различные примеси, применяют метод бродильных проб. Метод прямого посева на среду Эндо используют редко, при исследовании сильно загрязненных проб воды.

При определении БГКП учитывают все разновидности кишечной палочки, дифференцируя колонии по лактозному признаку, оксидазному тесту и ферментации глюкозы.

Качество питьевой воды определено ГОСТ Р 51232-98 [42], в котором предусмотрено как норма:

- 1) общее количество бактерий в 1 мл воды не более 100;
- 2) количество БГКП в 1 л воды (коли-индекс) на плотных питательных средах (при использовании метода мембранных фильтров) не более 3, а при использовании жидких сред накопления коли-титр не менее 300. Вода питьевая,

забираемая из колодцев, регламентирована «Санитарными правилами по устройству и содержанию колодцев» [43], в которых предусмотрено БГКП не более 10 в 1 л, а коли-титр не менее 100. ГОСТ 2761-84 определяет правила выбора и оценки качества источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения [41]. Вода поверхностных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения не должна содержать возбудителей кишечных заболеваний, а число БГКП должно быть не более 10 000 в 1 л воды. Сточные воды считаются достаточно обеззараженными при коли-титре не менее 1, коли-индексе не более 1000 в 1 л, при наличии остаточного хлора не менее 1,5 мг/мл.

1.3 Микробиологические показатели качества воды

Показатели качества воды в виду высокой значимости для здоровья человека являются строго нормируемыми параметрами. Гигиенические нормативы по показателям представленных в санитарных нормах и правилах, определяют качество и безопасность воды. Микробиологические показатели определяют безопасность воды в эпидемическом отношении [44]. Условно выделяемая группа бактерий семейства энтеробактерий, используется в качестве маркера фекального загрязнения. Данная группа организмов применяются в качестве индикаторов из-за легкого обнаружения и быстрого количественного подсчета.

Выделяют три основные группы основных микробиологических показателей (Таблица 1.1):

- общие микробиологические показатели;
- фекальные показатели (например, кишечная палочка);
- биологические индикаторы.

Таблица 1.1 – Определение показателей и биологических индикаторов микроорганизмов

Группа	Определение
Общие показатели	Группа микроорганизмов, которые демонстрируют эффективность процесса, например гетеротрофные или колиформные бактерии.
Фекальные показатели	Группа микроорганизмов, которые указывают на наличие фекальных загрязнений, такие как группы термостойких колиформных бактерий или штаммы кишечной палочки.
Биологические индикаторы	Группа или виды микроорганизмов указывающие на наличие патогенных микроорганизмов. Например, кишечная палочка как индикатор для сальмонелл и колифагов.

Любой показатель микробиологического загрязнения имеет срок действия в зависимости от окружающей среды и разрушения самого индикатора. Можно сказать, что нет универсального показателя, каждый индикатор обладает определёнными характеристиками для определенного патогенного микроорганизма [45].

1.4 Методы очистки воды от микроорганизмов

Первой службой общественного здравоохранения питьевой воды в 1914 году был принят бактериологический стандарт, который был, применим к любому типу водоснабжения [46]. В принятом стандарте, уточняется, что не более чем в одном из пяти образцов исследуемого образца объёмом 10 мл допускается наличие кишечной палочки. Этот метод называется определение общего микробного числа в водной среде, в настоящее время доработан и изменен в соответствии с гигиеническими требованиями. Подсчет общего числа образующих колоний бактерий рассчитывается на 1 мл и используется в качестве критерия бактериологической загрязненности воды. Данный метод

предполагает только определение общего числа колонии разных типов, по полученным результатам нельзя сказать о присутствии в воде патогенных микроорганизмов.

Существует различные методы по определению термостойких или общих колиформных бактерий. Ученые [47] доказали, что бактерии которые ферментируют лактозу при 44°C относятся к индол-отрицательным, тогда как кишечная палочка к индол-положительным. Реакция образования индола является экспресс-методом для предварительной идентификации *E. Coli*, как самого распространенного представителя фекального загрязнения. Данные полученные о штаммах и видах кишечной палочки представляют ценную информацию в отношении охраны водных систем от бактериальных патогенов [48].

До 1950-х годов определение показателей колиформных бактерий и кишечной палочки производился в основном только на статистическом подходе [49]. Тогда как, в 1943 году были попытки использования мембранных фильтров вместе с Эндо-бульоном для анализа питьевой воды. После 1950 годов мембранная фильтрация приобрела практическое значение [50]. Мембранная фильтрация есть процесс физического разделения, основой которого является разница в давлении между двумя стенками специальной мембраны. Благодаря этому процессу становится возможным разделять молекулы с различными размерами и свойствам, а также произвести удаление из водной среды микроорганизмов. При мембранной фильтрации происходит удаление патогенных микроорганизмов в основном за счет размера фракций (без необходимости коагуляции). Данный метод является эффективным, за счет удаления микроорганизмов, размеры которых больше, чем размер пор мембран [58].

Кишечная палочка и ее штаммы способны выделять газы после ферментации в качестве продукта жизнедеятельности. При этом может образовываться молекулярный водород, который препятствует образованию

метаболитов *E. Coli*, поэтому часто кишечная палочка сосуществует с микроорганизмами, способных потреблять водород [51].

Процессы удаления микроорганизмов из водной среды заключается в предварительной обработке, коагуляции, флотации, седиментации и фильтрации. Предварительная обработка включает в себя применение фильтров предварительной грубой очистки [52], фильтры для очистки от микрочастиц [53], а также применение береговой фильтрации [54], каждый метод обладает определенной функцией по очистке воды. Применение этих фильтров и методов позволяет удалить водоросли, вирусы и протозойные цисты, а также очистить воду от высокого уровня мутности.

Химическая коагуляция имеет большое значение для эффективного удаления патогенных микроорганизмов в очистке воды. Вместе с коагуляцией используются методы флокуляции и седиментации, что позволяет очистить в несколько раз загрязненную воду от бактерий, вирусов и простейших [55]. Использование процесса коагуляции очень эффективно для очистки твердых металлов из водной среды, также возможно применение данного метода очистки, для вод с высоким уровнем содержания водорослей.

Сорбционная фильтрация широко используется в очистке питьевой воды. За счет процесса сорбции на поверхности и в порах сорбента из-за сил молекулярного взаимодействия происходит поглощение и концентрирование веществ. В сочетании с другими методами очистки, например, коагуляции, флокуляции и седиментации хорошо очищает от протозойных патогенов [56]. Без предварительной химической очистки воды, сорбционная фильтрация будет служить только в качестве сетчатого фильтра, и не будет являться эффективным методом очистки от патогенных микроорганизмов [57].

Добавление окислителей в воду приводит к удалению некоторых видов бактерий и соединений элементов железа и марганца. Применение таких окислителей как, хлор, диоксид хлора, озон, выполняют дезинфицирующие свойства [58]. Основные факторы, влияющие на эффективность удаления микроорганизмов при добавления окислителя являются концентрация

дезинфицирующего средства, время контакта, температура и pH. При применении дезинфицирующих средств важно рассчитать концентрацию окислителя, умноженную на время контакта [59].

В системе водоснабжения бактерии присутствующие в трубопроводе, могут образовывать биопленки, что затрудняет их удаление. Очистка в системе водоснабжения зависит от дезинфицирующего средства, применяемого для удаления патогенов, важно знать материал труб для предотвращения коррозии металла или других побочных реакций [60].

Все рассмотренные методы очистки воды эффективны в удалении взвешенных частиц и патогенных микроорганизмов. Чтобы определить общую эффективность удаления микроорганизмов необходимо рассмотреть возможные изменения в процессе очищения, подготовки и транспортировки воды. В настоящее время результаты очистки воды, не дают полной гарантии стерильности. Для соответствия гигиеническим требованиям и стандартам необходимо использование нескольких методов удаления патогенов.

Одним из основных способов подготовки воды является сорбция на пористых сорбентах (чаще всего фильтрование через неподвижный слой сорбента). В качестве сорбентов используются гранулированные и порошкообразные активированные угли, минеральные адсорбенты, полимерные материалы и т.д.

1.5 Характеристика и применение адсорбентов

Адсорбенты, используемые для очистки водных сред обычно природного или синтетического происхождения, полученные в результате активации материалов промышленного производства. Природные адсорбенты – глинистые минералы, природные цеолиты, оксиды или биополимеры [61]. Синтетические адсорбенты могут быть классифицированы на углеродосодержащие, полимерные, оксидные и цеолитные адсорбенты. Активированный уголь, полученный из углеродистого материала полученный путем химической активации или активации газом, являются наиболее

применяемыми адсорбентами в области очистки воды [62]. На сегодняшний день полимерные адсорбенты, полученные путем сополимеризации неполярных и полярных мономеров показывают схожие свойства с активированным углем, но данные адсорбенты отличаются высокими затратами на их регенерацию. Что, касается оксидов и цеолитов, то данные адсорбенты проявляют сильные гидрофильные и поверхностные свойства, что говорит об эффективном удалении полярных, в частности ионных соединений. В последнее время можно наблюдать большой интерес к использованию в качестве адсорбентов отходов и побочных продуктов в качестве альтернативного и недорогого способа [63].

Синтетические адсорбенты демонстрируют самые высокие возможности адсорбции. Данные адсорбенты производятся под строгим контролем и выражают постоянные свойства. В большинстве случаев метод адсорбции с использованием различных адсорбентов хорошо известны из научных исследований и информации от производителей [64]. С другой стороны, синтетические адсорбенты могут оказаться дорогим процессом. В отличие от недорогих природных и других адсорбентов с более сильными свойствами. Но в большинстве случаев исследования дешевых сорбентов ограничены в виду их специфичности и нехватки информации для окончательной оценки их использования.

Для того чтобы использовать сорбенты для очистки питьевой воды, они должны быть сертифицированы и подходить под стандарты качества. Таким образом, число возможных адсорбентов ограничено, и включает в себя в основном активированные угли и оксидные адсорбенты [65]. Другие адсорбенты, в том числе синтетические, пригодны для очистки сточных вод.

Процесс адсорбции представляет собой процесс, связанный с поверхностью частиц сорбента, поэтому на степень адсорбции имеет огромное значение площадь поверхности адсорбента, как ключевого параметра качества. В целом, природные адсорбенты имеют гораздо меньшие площади поверхности, чем высокопористые синтетические сорбенты [66]. Наибольшими площадями

поверхности обладают активированные угли и полимерные адсорбенты. Одним из главных условий для высокой площади поверхности является высокая пористость материала, которая обеспечивает большую внутреннюю поверхность, образованная стенками пор. Внутренняя поверхность синтетических адсорбентов значительно больше, чем их внешняя поверхность частиц. Как правило, чем больше и тоньше поры, тем выше внутренняя поверхность.

1.5.1 Активированный уголь

Адсорбционные свойства углеродных материалов (например, древесный уголь, костяной уголь) были известны в течение десятилетий, но с двадцатого века с помощью процессов активации были улучшены свойства данных материалов [67]. Активированные атомы углерода могут быть получены из различных углеродсодержащих веществ. Наиболее распространенными веществами углеродсодержащих веществ являются древесина, древесный уголь, торф, бурый уголь, кокс, каменный уголь, бензин, а также остаточные материалы, такие как скорлупа кокосовых орехов, опилки, или пластиковые остаточные продукты [68].

Активированные угли применяются в двух различных формах, гранулированный активированный уголь (ГАУ) с размером частиц в диапазоне от 0,5 до 4 мм и порошкообразный активированный уголь (ПАУ) с размером частиц <40 мкм. Различные размеры частиц связаны с различными методами: шламовые реакторы для применения ПАУ и с неподвижным слоем адсорберов для ГАУ [69].

Активированные атомы углерода показывают широкий спектр внутренних участков поверхности в пределах от нескольких сотен $\text{м}^2/\text{г}$ до более полутора тысяч $\text{м}^2/\text{г}$ в зависимости от используемого сырья и процесса активации. Активированный уголь для очистки воды не должен иметь крупные поры, так как крупные молекулы могут адсорбироваться на внутреннюю поверхность сорбента [70]. Внутренние участки поверхности активированных

углей, применяемых для очистки воды, как правило находятся в диапазоне 800-1000 м²/г.

Древесный и активированный уголь широко используется в качестве адсорбентов для очистки воды в основном, применяются для снижения токсичных органических соединений, а также неприятного вкуса и запаха в воде. Древесный уголь или активированный уголь хорошо адсорбирует микроорганизмы из воды, однако микроорганизмы могут быстро занимать центры адсорбции и углерода. Во всяком случае, углеродные частицы склонны притягивать бактерии и другие колонизирующие микроорганизмы, тем самым снижая микробиологические качества воды [71]. Во многих системах используется углерод, пропитанный или смешанный с серебром, который служит в качестве бактериостатического средства. Происходит уменьшение микробной колонизации и контроль микробиологического состояния в очищенной воде. По причинам накопления микроорганизмов после фильтрации загрязненной воды, фильтры на основе активированного угля могут вызвать выброс загрязнений в очищенную жидкость, поэтому данные фильтры требуется периодически заменять.

Существует методы с использованием углерода вместе с другими химическими агентами. Например, угольные фильтры, содержащие соединения алюминия или оксида железа, эти фильтры заметно снижают количества микробного числа в воде [72]. Гранулированный активированный уголь в качестве фильтрующего материала, полученный с помощью химических агентов более эффективен в очистке от микробов. В настоящее время для бытовой очистки водных сред рекомендуют использовать активированный уголь в смеси с другими материалами, чтобы уменьшить возможность микробных загрязнений.

1.5.2 Цеолиты

В природе встречаются различные виды цеолитов. В практике чаще всего используются синтетические цеолиты. Синтетические цеолиты

изготавливают из водно-щелочных растворов кремния и соединений алюминия [73].

По химической структуре цеолиты – это алюмосиликаты. Их скелетная структура содержит пустоты, занятые крупными ионами и молекулами воды, что приводит к ионному обмену и обратимой дегидратации. Кристаллическая решётка цеолитов сформирована тетраэдрами, в центрах которых находятся атомы кремния и алюминия, а в вершинах – атомы кислорода.

Цеолиты обеспечивают эффективное удаление многих видов загрязнений. Питьевая вода с высокой концентрацией марганца, железа, фенолов, аммонийного азота, метана, тяжелых металлов нефтепродуктов, и некоторых микроэлементов вызывают неприятные органолептические ощущения и представляют опасность для здоровья человека [74].

Фильтрация в применяемых схемах очистки вод не предусматривают глубокой очистки от указанных загрязнений. Применение фильтрующего материала с высокими сорбционными и адгезионными свойствами, может решить данную проблему. Одним из наиболее перспективных фильтрующих материалов является цеолит и, в особенности, клиноптилолит, который может использоваться при очистке вод от ионов железа, аммония, тяжелых металлов, радионуклеидов, органических соединений и различных микроэлементов [73]. В отличие от кварцевого песка цеолитовые фильтры позволяют улучшить качество очищаемой воды и повысить технологические параметры работы очистных сооружений. Такие фильтры надежны в эксплуатации. Фильтр с цеолитовой загрузкой удаляет цветность, мутность, фитопланктон. Цеолитовому фильтру присуще более равномерное распределение задерживаемого осадка по толщине загрузки, чем кварцевому песку, следствием чего является меньшая потеря напора и более продолжительное защитное действие [75]. Высокий коэффициент формы зерен, значительная межзерновая пористость обеспечивают высокую грязеемкость цеолитовых фильтров, превышающую в 2-6 раз этот показатель для песчаных фильтров. Несмотря на более высокую грязеемкость цеолитовой фильтрующей загрузки,

ее отмывка от накапливающегося осадка происходит быстро и интенсивно [76]. Исследование физико-химических, физико-механических свойств показало, что цеолит отвечает требованиям, предъявляемым к фильтрующим загрузкам, и по некоторым показателям имеет несомненные преимущества перед традиционным кварцевым песком: обладает более высокой пористостью и удельной поверхностью, меньшей плотностью. При исследовании применения цеолитов для очистки питьевой вод получены следующие результаты: снижение содержания нитритов (100%), нитратов (89%), свинца, фенолов, нефтепродуктов (100%), хлоридов (91%), железо (89%) [75]. Двухлетний опыт эксплуатации загрузочного материала продемонстрировал его положительные эксплуатационные качества.

Разработана очистная установка с одновременной сорбцией ионов железа, марганца, кальция, магния и сероводорода. Гигиеническая оценка показала, что с применением цеолитовой загрузки в воде снизилось содержание азота, понизилась жесткость, щелочность и перманганатная окисляемость, уменьшился запах, цветность, количество микроорганизмов. Отмечено стабильное снижение в осветленной воде коли-индекса, общего числа бактерий, фито- и зоопланктона. С помощью цеолитов возможна очистка воды от бензопирена. Концентрация в растворе этого вещества уменьшалась в 260 раз [74].

Традиционные методы для очистки в случае специфических загрязнений не гарантируют качество питьевой воды. Распространенные сорбенты (активированные гранулированные или порошкообразные угли) эффективны только для органических загрязнений, а высокая цена сдерживает их широкое применение.

Научные исследования установили наличие сорбционных и ионообменных свойств у природных цеолитов. Но эти свойства, кроме использования против органических загрязнений, проявляются еще и в отношении радионуклидов и тяжелых металлов [76].

Цеолит применяется в качестве засыпки для очистки воды, как от бытовых, так и от промышленных загрязнений, а также:

- для осветления и очистки речной воды;
- в водоемах для разведения рыбы, очищая воду от аммония, обеззараживая от вирусов и бактерий;
- на водоочистных сооружениях;
- в бассейнах, увеличивая в 2 раза продолжительность фильтроцикла [74].

Использование цеолитовых фильтров на водоочистных сооружениях и в бытовых условиях доводит качество питьевой воды до соответствия санитарно-гигиеническим нормам [77]. Также очищаются бытовые стоки с применением засыпки минерала в отстойники в качестве фильтров различных типов. В дальнейшем материал фильтра подвергается регенерации.

1.6 Применение газобетона в качестве синтетического сорбента для очистки воды

Газобетон является уникальным материалом, который широко используется в домостроении. Он подходит для возведения всех типов стен, в том числе и несущих. Отличные звукоизоляционные свойства, пожаробезопасность, морозостойкость и легкий вес позволяют применять его при строительстве промышленных баз, животноводческих ферм, жилых домов. Газобетонные блоки не подвержены гниению по сравнению с древесиной. Кладка осуществляется намного быстрее, чем из кирпича, при этом и цена газобетона существенно ниже [78].

Ячеистая структура составляет почти 85% объема всего блока, поэтому данный материал отличается весьма легким весом. Все составляющие (кварцевый песок, цемент, известь) затворяются обыкновенной водой и размешиваются в специальном смесителе в течение 5 минут [79]. Водород, образованный реакцией между алюминиевой пастой (пудрой) и известью,

образует поры. Пузырьки размерами от 0,6 до 3 мм равномерно рассредоточиваются по всему материалу.

В металлических емкостях или формах протекают основные химические реакции. Смесь подвергается вибрации, способствующей схватыванию. После затвердения, все неровности с поверхности снимаются стальной струной. Пласт разделяется на блоки, и затем они отправляются в автоклавную установку. Конечная калибровка готовых блоков осуществляется фрезерной машиной [80].

Газобетон может быть произведен различными обработками [81], такими как:

- *Автоклавная обработка.* Данный этап значительно улучшает технические характеристики газобетона. Здесь в течение 12 часов при высоком давлении проводится обработка паром, температура которого составляет почти 200°C. Такой процесс нагрева делает текстуру более однородной, тем самым улучшая прочностные свойства (не менее 28 кгс/м²)
- *Неавтоклавная технология* заключается в естественном затвердении смеси. В этом случае его вполне можно произвести своими руками, так как здесь не требуется специального оборудования. Прочность блоков при таком производстве не превышает 12 кгс/м².

Существует много преимуществ использования газобетона [82].

- *Легкость.* Блок D500 размерами 30x25x60 см весит около 30 кг.
- *Теплопроводность.* Ячеистая структура создает теплоизоляционный эффект. Также данный материал способен сохранять тепло, а в летний сезон – приятную прохладу.
- *Пожаробезопасность.* Сырье, используемое в производстве, имеет минеральное происхождение, по своим свойствам – не горючее. Поэтому блоки способны выдержать воздействие открытого пламени в течение 3 часов.
- *Морозоустойчивость.* При соблюдении технологии на всех этапах строительства, данный материал способен выдержать более 25 циклов заморозки/оттаивания.

- Прочность. Высокий показатель прочности на сжатие достигается путем его прохождения через автоклавную установку.
- Экономичность. Благодаря большим габаритам и легкому весу этапы строительства осуществляются быстрее, чем из других материалов.
- Легкость обработки. Придать ему любую форму можно при помощи ручных средств, например, ножовки или пилы. Блок легко режется, сверлится.
- Экологичность. Новые технологии дают возможность производить этот материал из сырья, не выделяющего токсичных веществ. По экологической чистоте он уступает лишь древесине, но при этом не подвержен горению, гниению, воздействию насекомых.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Приборы и оборудование.

Оборудование,

1. Инкубатор со встроенным шейкером DAIHAN WiseCube®WIS-30, управление температурой с помощью цифрового контроллера Fuzzy Logic в диапазоне 10 .. 60°C, продвинутый мал шумящий встряхивающий механизм с цифровым дисплеем, обеспечивающий прецизионную скорость, можно устанавливать колбы объемом до 1000 мл
2. Бокс биологической безопасности второго класса с горизонтальным потоком Streamline SC2 с микропроцессорным контролем рабочего состояния на базе системы Sentinel Delta™, оснащен электрическими розетками, универсальными кранами (воздух, газы, вакуум) и бактерицидной ультрафиолетовой лампой.
3. Автоклав DAIHAN WiseClave WAC с системой управления Fuzzy Logic, электронной системой запираания двери, 2 проволочные корзины, до 132°C, макс. 2 кг/см², 47, 60, 80 и 100 литров, "CE-MDD сертификация"
4. Перистальтический насос с откидной головкой 313D для быстрой установки трубки, цифровое управление скоростью от 1 об/мин до 400 об/мин с шагом 1 об/мин. Мгновенный реверс.
5. Сушильный шкаф LOIP LF-25/350-GG1. Модель без вентилятора, включая камеру из стали с базовым регулятором. Универсальная, высокоточная электропечь для нагрева, тепловой обработки различных материалов, высушивания в воздушной среде при температурах до +350°C.
6. Весы лабораторные прецизионные Unigram ET-600П-М с наибольшим пределом взвешивания 600гр.
7. Аквадистиллятор WD-2008F Daihan Labtech используется для получения качественной дистиллированной воды медицинского, бытового и технического назначения. Производительность 7.5 л/час.

В работе использовалась мерная лабораторная посуда: флаконы для лекарственных средств (пеницилинки) объемом на 10 мл, колбы наливные вместимостью 50.0, 100.0 и 500 мл; цилиндры вместимостью 10.0 и 50.0 мл.

Для проведения посевов использовались: полимерные чашки Петри диаметром 90 мм, стеклянный шпатель Дригальского, бактериологическая петля, газовая или спиртовая горелка, ватно-марлевые пробки.

2.2 Реактивы

Спирт этиловый 70%.

Дистиллированная вода.

Агар бактериологический. Производитель Испания. Температура хранения не выше 30°C при относительной влажности 80%.

Пептон мясной. Производитель Испания. Препарат гигроскопичен. Хранить герметически закрытым в сухом месте при температуре не выше 30°C.

Питательная среда для выделения энтеробактерий сухая. (Агар Эндо-ГРМ). Производитель Россия, pH 7,4±0,2.

2.3 Объекты исследования

В качестве индивидуальных веществ, для исследования использовались:

1) синтетический сорбент - измельченный газобетон (ГОСТ 25485-89).

При изготовлении смеси в качестве вяжущего вещества используется портландцемент по ГОСТ 970-61 марок 300, 400, 500 с начальным временем схватывания 160 – 260 минут и/или молотая негашеная известь (CaO порядка 75 % от веса, MgO порядка 2.0 % от веса, CO - 4.0 % от веса, SO₃ - 1.0 % от веса). Основным наполнителем смеси является кварцевый песок (SiO₂ - 85 % от веса, Fe₂O₃ – 3%, Al₂O₃ – 7%, CaO – 10%, MgO – 3%, SO₃ – 1%, Na₂O – 2% от веса) или зола тепловых электростанций (газозолобетон). В качестве газообразователя применяется алюминиевый порошок с размером фракций 20 - 45 мкм и содержанием активного металла не менее 90-95% или алюминиевые пасты (суспензии) с содержанием активного металла не менее 92%;

2) модифицированный синтетический сорбент на основе измельченного газобетона (ГОСТ 25484-89). Для модификации используется водный раствор 10% соляной кислоты при термической обработки.

3) в качестве тестовой культуры используется *Escherichia coli* штамм АТСС-25922. Вид грамотрицательных бактерий, палочковидной формы относящихся к семейству *Enterobacteriaceae*. Имеют большое эпидемиологическое и санитарное значение. Являются основным показателем фекального загрязнения в соответствии основным санитарно-показательным требованиям.

2.4 Методы исследования

2.4.1 Приготовление питательных сред

Питательная среда, предназначена для культивирования микроорганизмов, в которой присутствуют необходимые элементы для их роста, в определённой концентрации и химической форме. В данной работе использованные среды готовились в соответствии с МУК 4.2.1018-01.

Для бактериальной культуры *Escherichia coli*, важнейшими элементами являются: кислород, азот, углерод, сера, фосфор, водород. В общей сумме эти элементы составляют около 95% от веса сухих клеток. На оставшуюся долю приходятся такие элементы как: калий, натрий, кальций, магний, хлор, железо.

В бактериологической практике используются ряд питательных сред для дифференциации и выделения *E. Coli*, такие среды как: Эндо, Асель-Либермана, Плоскирева, Левина и др.

Наиболее близкой по достигаемому эффекту и технической сущности является питательная среда Эндо для дифференциальной диагностики и выделения бактерий *E. Coli*, содержащая питательный агар, водный раствор сульфита натрия, чистую лактозу, спиртовой раствор основного фуксина, выпускаемая в сухом виде.

Приготовление среды Эндо. Сухой препарат готовят по указанному способу на этикетке. Навеску сухой питательной среды растворяют в указанном

количестве в 1 л дистиллированной воды, нагревают, доводят до кипения, кипятят около 3 мин до полного растворения агара. Фильтруют горячую среду через ватно-марлевый фильтр и опять доводят до кипения. Охлаждают среду до температуры 45-50°C и разливают в чашки Петри. Поверхность среды подсушивают, после застывания в термостате при температуре 37±1°C в течение 40-60 мин. Готовая среда Эндо прозрачная или бледно-розового цвета. Бактерии рода *E. Coli* вырастают в виде красных и ярко-розовых колоний, часто с металлическим зеленоватым блеском.

Культура *Escherichia Coli* легко растет на простых питательных средах. На мясопептонном агаре (МПА) образуют прозрачные с серовато-голубым отливом колонии. На мясопептонном бульоне (МПБ) наблюдается незначительное помутнение среды, обильный рост, присутствует небольшой осадок сероватого цвета.

Приготовление МПА. Навески 20 г агара бактериологического и 15 г пептона растворяют в 1 л воды, для растворения кипятят на слабом огне, в горячем виде разливают в колбы и стерилизуют в автоклаве 15 мин при 121°C.

Приготовление МПБ. К 1 л воды добавляют 15 г пептона, растворяют при нагревании, далее фильтруют, разливают в колбы. После чего автоклавируют 15 мин при 121°C.

2.4.2 Работы с бактериальными культурами

При посеве бактерий на питательные среды или пересеве соблюдают определенный порядок выполнения работы. Вначале в пламени горелки стерилизуют петлю и петледержатель, которым при посеве отбирают культуру в чашку Петри. Крышка чашки Петри с культурой приподнимается левой рукой, но полностью не открывается. В правую руку берут, как писчее перо, петлю и, держа ее вертикально, прокалывают в пламени горелки. Петлю охлаждают, затем осторожно плавным движением набирают небольшое количество бактерий, следя, чтобы не повредить питательную среду. Петлю с материалом вносят в подготовленную среду. Осторожно растирают по

поверхности питательной среды. Извлекают петлю, закрывают крышку чашки Петри и затем стерилизуют петлю.

2.4.2.1 Селекция чистой культуры *E. Coli* на среде Эндо

Для выделения чистой культуры следует учитывать ряд условий: подбор соответствующих питательных сред, ранний посев взятого материала, техника выполнения посева. Наносят исследуемый материал на среду с помощью ректального тампона, стеклянной палочки, бактериологической петли или пипетки.

На дифференциально-диагностическую среду Эндо производится посев бактериологической петлей исследуемой культуры *Escherichia coli* штамма АТСС-25922 методом штриха. Для этого исследуемый материал наносят на поверхность питательной среды бактериологической петлей возле края чашки. Избыток материала снимают и параллельными штрихами проводят петлей от края к краю чашки. Такой метод позволяет получить изолированные колонии. Посев следует производить на 2-3 чашки, набирая для каждой чашки материал заново. Чашки с посевом ставят в термостат на 24-48 часов при 37°C. Вынимают из термостата и просматривают чашки Петри в проходящем или падающем свете. При прорастании образуются выпуклые, слизистые колонии ярко-малинового цвета с металлическим блеском, что является диагностическим признаком культуры *E. Coli*. На основании изучения морфологических характеристик, можно сделать вывод о выделении культуры *Escherichia coli*.

2.4.2.2 Приготовление модельного раствора культуры *E. Coli* для тестирования исследуемых фильтров

Материал для посева на жидкую питательную среду отбирают с помощью петли. Из среды Эндо, на которой проросли чистые колонии *Escherichia coli* в ламинарном шкафу при стерильных условиях под пламенем горелки, бактериологической петлей несколькими легкими движениями, не скашивая питательной среды отбирается немного материала. Петлю с

отобранной культурой погружают в жидкую среду, в нашем случае мясопептонный бульон объемом 250 мл. Плавно стряхивая или растирая по стенке колбы, чтобы снять весь материал с петли. Колбу закрывают ватно-марлевой пробкой и ставят в термостат на 18-24 часа при 37°C для инкубации. Наблюдается помутнение раствора, небольшой осадок сероватого цвета, что говорит об обильном росте. Концентрация данного раствора слишком велика, для проведения опыта следует разбавить раствор водопроводной водой. Довести объем модельного раствора до 4-5 литров.

2.4.2.3 Анализ фильтрата и культивация микроорганизмов после фильтрации

После пропускания модельного раствора через исследуемый фильтр, отбирается проба отфильтрованной воды для определения общего числа колониеобразующих единиц микроорганизмов. Данный показатель определяет количество колоний способных образовываться на питательном агаре при температуре 37°C в течение 24 ч и характеризует качество чистоты воды прошедшего фильтрацию.

В работе применяется метод, основанный на серии разведений исследуемой пробы после фильтрации, данный этап является крайне важным. Для разведения используется мерная пипетка на 1 мл, исследуемую пробу объемом 1 мл добавляют в пробирку с 9 мл стерильного водного раствора. Таким образом, получают раствор 1:10. Из этого раствора отбирается 1 мл и таким же методом, получают разведение 1:100. Для каждого разведения при отборе пробы необходимо использовать стерильную пипетку. Разведения пробы выбирают так, чтобы образованные колонии, выросшие на чашке Петри, не превышало 300 изолированных колоний. В данной работе применялись пятикратные разведения, в виду концентрации исходного раствора. Посев производится поверхностным методом, для этого исследуемую пробу или разведение вносят параллельно в две чашки Петри (параллельное определение) по 0,1 мл на поверхность питательной среды. После чего, равномерно

растирают шпателем Дригальского по всей поверхности чашки Петри. Для этого предварительно стерилизуют шпатель Дригальского над пламенем горелки, дают остыть поверхности, чтобы не убить имеющиеся колонии. При каждом использовании шпатели требуется стерилизовать его над пламенем горелки. Чашки с посевами предварительно подписывают и помещают в термостат дном вверх на 24-72 ч. при температуре 37°С. По истечению времени визуально производится подсчет выросших колоний (рис. 2.1).

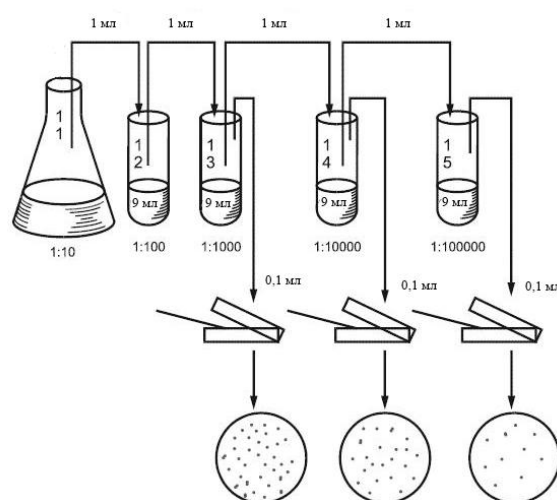


Рис. 2.1 Методика разведения пробы

2.4.3 Подсчет общего количества микроорганизмов методом Коха

Подсчет выросших колоний производят невооруженным взглядом или с помощью прибора предназначенного для подсчета колоний. Результаты подсчета данных по количеству выросших колоний полученных на чашках Петри целесообразно сопоставлять с посевами материала из последовательных разведений. Количество подсчитанных колоний должны соответствовать кратности взятых разведений. Учет результатов выражается числом колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 мл в исследуемой пробе воды, который вычисляют по формуле:

$$M = \frac{a \cdot 10^n}{V};$$

где М – количество бактерий в 1 л;

а – среднее число колоний на чашке Петри;

10^n – коэффициент разведения;

V – объем суспензии, взятый для посева, мл.

Количество выросших колоний на обеих чашках приводят к среднему арифметическому числу из цифр одного порядка. Если невозможен подсчет на одной из 2 чашек, то результат составляют по одной чашке. Считается, лучшим разведением, при высеве которого вырастает от 50 до 100 колоний. Учитывают только чашки Петри, на которых выросло не более 300 колоний, в остальных случаях отмечают сплошной рост.

2.4.4 Метод фильтрации воды с помощью фильтров на основе газобетона для оценки степени очистки от микробиологических загрязнений

Согласно ГОСТу и различным стандартам на водные среды устанавливают общие требования и методы контроля качества воды. Для этого устанавливают требования действующих санитарных норм и правил. За контроль качества отвечают организации, эксплуатирующие системы водоснабжения. В соответствии с технологическим регламентом контроль качества воды проводят на различных стадиях водоподготовки. Существуют разные показатели качества: неорганические и органические вещества; вредные химические вещества, поступающие и образующиеся в процессе обработки воды; органолептические свойства; микробиологические и паразитологические показатели. Данные показатели определяются с помощью различных методов определения.

Существуют методические указания санитарно-микробиологического анализа питьевой воды, которые предназначены для предприятий, лабораторных организаций осуществляющих производственный контроль качества питьевой воды. В документе МУК 4.2.1018-01 описаны отбор, хранение и транспортирование проб, подготовка оборудования, названия расходных материалов и реактивов, приготовление питательных сред, методика работы при использовании мембранных фильтров и проведение анализа. Также

существует межгосударственный стандарт ГОСТ 31955.1-2013 об обнаружении и количественному учету *E. Coli* и колиформных бактерий. Метод основан на фильтровании проб воды через мембранные фильтры. Далее отфильтрованные микроорганизмы культивируют на дифференцирующей агаризованной среде. Производится идентификация и подсчет количества выросших колоний.

Согласно требованиям по ГОСТу 31942 пробы воды предварительно отбирают, транспортируют и проводят подготовку перед фильтрацией. Исследуемую пробу фильтруют через оборудование для мембранной фильтрации и мембранный фильтр. Объем пробы обычно составляет 100 мл. Предварительно подготавливают и стерилизуют фильтровальный аппарат и необходимую посуду. В воронку фильтровального аппарата наливают необходимый объем пробы воды, создают условия вакуума. Перед каждой новой пробой обеззараживают прибор. При посеве одной пробы различных объемов фильтруют, начиная с меньших объемов, при этом меняя каждый раз фильтры. Следует фильтровать пробы в порядке предполагаемой чистоты, от чистых проб к более загрязненным пробам. При объеме исследуемой воды в 1 мл, следует налить в воронку не менее 10 мл стерильной воды, после чего можно вносить исследуемую пробу воды. После завершения фильтрации и осушения фильтра отключают вакуум и воронку снимают.

После фильтрования использованный фильтр помещают на чашку Петри с лактозным ТТХ агаром с гептадецилсульфатом натрия. Также допускается использование среды Эндо. Инкубацию посева микроорганизмов проводят при температуре 36 ± 2 °C в течение 21 ± 3 ч.

Фильтрационная установка, предложенная в данной работе, показана на рис. 2.2. Состоит из: 1 - емкости с бактериальной средой; 2 - перистальтического насоса; 3- фильтра с исследуемой фракцией сорбента; 4 – стерильная колба для отбора пробы.

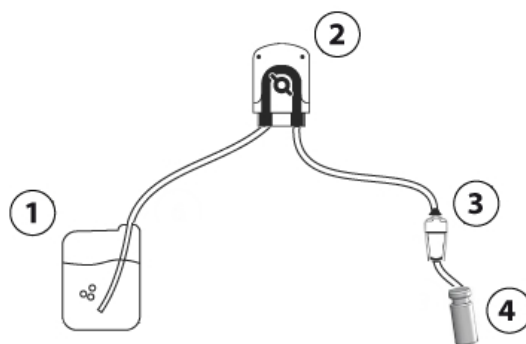


Рисунок 2.2. Схема фильтрационной установки

Модифицированный метод оценки, предложенный в данной работе, основан на фильтровании модельного раствора с помощью перистальтического насоса, при режиме фильтрации 1,5 оборота/мин. Модельный раствор готовился на водопроводной воде обсеменённой культурой *E. Coli* с конечной концентрацией $2,5 \cdot 10^7$ КОЕ/мл. Пропускание модельного раствора через исследуемый фильтр, находящийся в фильтровальном модуле, осуществлялось с помощью перистальтического насоса. После фильтрации 100 мл среды, проводится отбор пробы на наличие штаммов *E. Coli*.

Под пламенем горелки модельный раствор *E. Coli* вносится в водопроводную воду объемом 4-5 литра, в емкость помещается шланг, через который будет проходить данный раствор с помощью перистальтического насоса. Емкость с модельным раствором закрывается фольгой во избежание попадания внешних микроорганизмов. В конце шланга закрепляется исследуемый фильтр, из-за сильного давления применяются хомуты, так чтобы модельный раствор не проходил через крепления.

2.4.5. Методика модификации газобетона

Для модификации газобетона различного фракционного состава использовался водный раствор соляной кислоты 10. Берется навеска газобетона в количестве 20 г и помещается в стеклянный стакан объемом 2000 дм^3 , в который затем наливали 1000 дм^3 раствора соляной кислоты 10 %. Выдерживается носитель в растворе в течение 2 часов, затем сливается раствор

соляной кислоты и проводится промывка газобетона дистиллированной водой до нейтральной pH. После промывки носителя, осуществляют его сушку в лабораторной муфельной печи СНОЛ 23/10 вначале при 120°C, в течении 4 часов. Затем проводят термическую обработку при 450°C, в течении 5 часов.

Таблица 2.1 - Физические свойства раствора соляной кислоты с концентрацией 10%

Конц. (вес), HCl/кг	10%
Конц. (г/л) HCl/м ³	104,80
Плотность, кг/л	1,048
Молярность, М	2,87
pH	- 0,4578
Вязкость, мПа*с	1,16
Удельная теплоемкость, кДж/(кг*К)	3,47
Давление пара, Па	0,527
Температура кипения	103°C
Температура плавления	-18°C

2.5 Статистическая обработка результатов

Статистическая обработка результатов проводилась на персональном компьютере, при помощи программы FSTAT.

ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4. 1. Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. Для данного проекта целевым рынком являются предприятия фармацевтической отрасли.

Продуктом (результат НИР) – синтетический сорбент на основе газобетона.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять разные критерии сегментирования рынка потребителей, такие как, поведенческий, демографический, географический и иные критерии. Применение их комбинаций возможно с использованием различных характеристик. Таких как: пол, национальность, возраст, образование, профессия, уровень дохода, стиль жизни, любимые занятия, социальная принадлежность и мн. др.

4.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

**Таблица 4.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных
технических решений (разработок)**

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1 Повышение производительности труда пользователя	0,07	5	3	2	3	0,35	0,21	0,14	0,21
2 Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,20	5	3	3	4	1,0	0,60	0,60	0,80
3 Энергоэкономичность	0,10	5	1	3	2	0,5	0,1	0,30	0,35
4 Надежность	0,07	5	3	4	4	0,35	0,21	0,28	0,28
5 Безопасность	0,07	5	3	3	3	0,35	0,21	0,21	0,21
Экономические критерии оценки эффективности									
1 Конкурентоспособность продукта	0,07	5	3	3	3	0,35	0,21	0,21	0,21
2 Уровень проникновения на рынок	0,06	4	5	4	3	0,24	0,3	0,24	0,18
3 Цена	0,08	5	4	4	4	0,40	0,36	0,36	0,36
4 Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	5	5	5	0,40	0,40	0,40	0,40
5 Послепродажное обслуживание	0,07	5	3	2	3	0,35	0,21	0,14	0,21
6 Финансирование научной разработки	0,03	4	4	4	4	0,12	0,12	0,12	0,12
7 Срок выхода на рынок	0,05	5	3	3	3	0,25	0,15	0,15	0,15
8 Наличие сертификации разработки	0,05	4	4	3	3	0,20	0,20	0,10	0,10
Итого	1	62	44	43	46	4,86	3,28	3,25	3,3

B_{k1} – физические методы получения

B_{k2} – химические методы получения

B_{k3} – электрохимический метод получения

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

$4,86/3,79=1,47$ данный метод является наиболее конкурентоспособным

4.3 SWOT-анализ

Таблица 4.2 - Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1 Экологичность технологии С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Наличие бюджетного финансирования С4. Квалифицированный персонал	Слабые стороны проекта: Сл1. Отсутствие достаточного финансирования проектов Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление спроса на продукт В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях	Химические модификаторы экзополисахаридов позволяют улучшить необходимые свойства продукта	1. Необходимость в разработке научного исследования 2. Приобретение необходимого оборудования опытного образца
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Ограничение на экспорт технологии У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	1. Разработанная технология повлечет спрос на внутреннем рынке 2. Снижение себестоимости добычи нефти 3. Снижение зависимости от внешних рынков	1. Затруднения в закупке иностранного оборудования 2. Изучение законодательной базы 3. Сертификация продукции

4.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 4.3 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	3
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	58	50

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (2)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Значение степени проработанности научного проекта составило 60, что говорит о перспективной разработке, а знания разработчика достаточны для успешной ее коммерциализации. Значение уровня имеющихся знаний у разработчика составило 52 – перспективность выше среднего.

4.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Методом коммерциализации научной разработки был выбран инжиниринг. Данный метод как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

4.6. Инициация проекта

Таблица 4.4 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Экспериментальная оценка эффективности использования синтетических сорбентов на основе газобетона для очистки водных сред от микробиологических загрязнений.
Ожидаемые результаты проекта:	Получение продукта, который по своим свойствам не уступает тем, которые произведены по другим технологиям, а возможно и превосходит их при равных затратах на производство.
Критерии приемки результата проекта:	Наличие сертификации и соответствие стандарту

Таблица 4.5 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте (Функции)	Трудозатраты, дни.
1	Воронова Олеся Александровна, НИ ТПУ, кандидат химических наук руководитель проекта	Координирует деятельность участников проекта	60

2	Кан Татьяна Леонидовна, НИ ТПУ, кафедра ФАХ, магистрант	Выполняет отдельные работы по проекту	60
3	Плотников Евгений Владимирович, НИ ТПУ, инженер кафедры ФАХ	Координирует деятельность участников проекта	10
ИТОГО:			130

Таблица 4.6 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	140844 рублей - 250000
Источник финансирования	Заказчик
Сроки проекта:	1.01.2016-10.04.2016
Дата утверждения плана управления проектом	1.01.2016
Дата завершения проекта	31.03.2016

4.7. Планирование управления научно-техническим проектом

4.7.1. Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Наиболее подходящей организационной структурой данной работы является проектная, представленная на рисунке



Рисунок 4.1 – Организационная структура проекта

5.7.2. План проекта

Таблица 4.7 - Календарный план проекта

Код работ ы (из ИСП)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончан ия работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Введение	10	1.01.16	10.01.16	Кан Т.Л. Плотников Е.В.

2	Литературный обзор	21	10.01.16	31.01.16	Кан Т.Л.
3	Теоретический анализ	10	31.01.16	10.02.16	Кан Т.Л.
4	Постановка задачи исследования	10	10.02.16	20.02.16	Кан Т.Л. Плотников Е.В.
5	Экспериментальная часть	18	20.02.16	9.03.16	Кан Т.Л. Плотников Е.В.
6	Результаты и обсуждения	11	9.03.16	20.03.16	Кан Т.Л. Плотников Е.В. Журавков С.П.
7	Разработка презентации и раздаточного материала	5	20.03.16	25.03.16	Кан Т.Л.
8	Оформление	6	25.03.16	31.03.16	Кан Т.Л.
Итого:		91			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 4.8 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал, дн.									
				январь			февраль			март		
				1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Введение	Ассистент, магистрант	10									
2	Литературны й обзор	Магистрант	21									
3	Теоретическ ий анализ	Магистрант	10									
4	Постановка задачи исследовани я	Ассистент, магистрант	10									
5	Эксперимент альная часть	Ассистент, магистрант	18									
6	Результаты и обсуждения	Руководитель, магистрант, ассистент	11									
7	Разработка презентации и раздаточного материала	Магистрант	5									

8	Оформление	Магистрант	6										
---	------------	------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



- Руководитель



- Магистрант



- ассистент

4.8. Бюджет научного исследования

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты по данной статье заносятся в табл. 4.9.

Таблица 4.9 - Расчет затрат на сырье

№ п/п	Наименование затрат	Единица измерений	Расход	Цена за единицу, руб(с НДС)	Сумма, руб
1	Бумага фильтровальная	упаковка	1	120,00	120,00
2	Газобетон	м ³	1	3000,00	3000,00
3	Чашки Петри	шт	50	10	500,00
4	Хомут длиной 20 мм	упаковка	2	110	220
Итого					3840,00

Таблица 4.10 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол -во	Цена оборудов ания, руб	Амортиза ция, руб	Норма амортизации, %
1	Весы лабораторные технические	1	17250		

2	Весы лабораторные аналитические	1	72500	7250	10
3	Сушильный шкаф	1	65800	6580	10
4	Электроплитка	1	1200		
5	Инкубатор	1	210300	31529	15
6	Колба коническая	6	200		
7	Химический стакан	6	60		
8	Дистиллятор	1	36300		
	ИТОГО		55010	45359	100369

Таблица 4.11 - Группировка затрат по статьям

Вид работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
	3840,00	100369,00	183055,38	74431,24	212833,14

Таблица 4.12 - Количество потребляемой энергии оборудованием лаборатории.

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Потребляемая мощность, кВт	Количество часов работы в сутки	Количество потребляемой энергии за сутки, кВт
Весы аналитические	1	0,011	2	0,022
Весы технические	1	0,011	2	0,022
Инкубатор	1	0,4	2	0,8
Дистиллятор	1	0,5	1	0,5
ИТОГО:				1,344

Вторым шагом будет нахождение стоимости электроэнергии (при стоимости 2,7 кВт/час).

Таблица 4.13 - Расчет стоимости электроэнергии с января по май.

Месяц	Количество дней	Количество рабочих дней	Количество потребляемой энергии за месяц, кВт	Стоимость электроэнергии за месяц, руб (при 2,7 кВт/час)
Январь	31	17	79,968	215,92
Февраль	29	20	94,08	254,02
Март	31	20	94,08	254,02
Апрель	30	22	103,488	279,42
Май	31	19	89,376	241,32
			ИТОГО:	1244,7

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) находится по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (3)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (4)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 4.14).

Таблица 4.14 - Баланс рабочего времени за 2016 год.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	118	118
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	-
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	247

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (5)$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями. Базовый оклад $З_{\text{б}}$ определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Найдем основную заработную плату за период с января по май 2016 года для руководителя:

$$З_{\text{5мес}} = 23264,86 \cdot 5 = 116320,86 \text{руб.}$$

$$З_{\text{осн}} = 116320,86 \cdot 1,3 = 151218,59 \text{руб.}$$

Аналогично для магистранта:

$$З_{\text{м}} = 2500 \text{руб.}$$

$$З_{\text{осн}} = 2500 \cdot 5 = 12,500 \text{руб.}$$

Таблица 4.15 - Расчёт основной заработной платы с января по май.

Исполнители	$З_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{5мес}}$, руб	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	23264,86	1,3	116320,86	151218,59
Магистрант			4900 _{стип.}	12,500
Лаборант	14874,45	1,3	19336,79	96684

Отчисления на социальные нужды включают в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{осн}, \quad (6)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 30,5%.

Таблица 4.16 - Отчисления на социальные нужды

	Руководитель	Магистрант	Лаборант
Зарплата	151218,59,	12500	96,684
Отчисления на соц. нужды	45402,82		29028,42

4.9. Потенциальные риски

На пути реализации проекта могут возникнуть разного рода риски, представляющие опасность того, что поставленные цели проекта могут быть не достигнуты полностью или частично. Полностью избежать риска практически невозможно, но снизить их угрозу можно, уменьшая действие неблагоприятных факторов. Возможные риски представлены в таблице 4.17 и на рисунке 4.2.

Таблица 4.17 - Реестр рисков.

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска
Технические риски					
1	Требования	2	4	средний	Отслеживание изменений требований к
2	Технология	2	3	низкий	

3	Эффективнос ть и надежность	2	4	средний	продукции. Постоянный поиск путей оптимизации производства. Строгий контроль качества выпускаемой продукции, соответствие ГОСТам.
4	Качество	1	4	низкий	
Внешние риски					
5	Субподрядчи ки и поставщики	2	3	низкий	Изучение конъюнктуры рынка. Страхование имущества. Изучение изменений в российском законодательстве. Определение мер поощрений и наказаний по отношению к рабочим.
6	Предписания контролирую щих органов	3	3	средний	
7	Рынок	3	4	средний	
8	Заказчик	2	3	низкий	
9	Непредвиден ные обстоятельств а	2	4	средний	
10	Изменения российского законодатель ства	4	5	высокий	
11	Небрежность и	2	3	низкий	

	недобросовестность рабочих				
Организационные риски					
12	Организации, от которых зависит проект	2	3	низкий	Строгий контроль за работой всех вспомогательных служб. Поиск альтернативных поставщиков и инвесторов.
13	Ресурсы	2	5	средний	
14	Финансирование	3	5	высокий	
15	Расстановка приоритетов	2	3	низкий	
Риски управления проектом					
16	Оценка	2	4	средний	Ответственный подход к разработке и управлению проектом. Повышение квалификации лиц, ответственных за управление проектом.
17	Планирование	2	3	низкий	
18	Контроль	2	4	средний	
19	Коммуникации	3	3	средний	

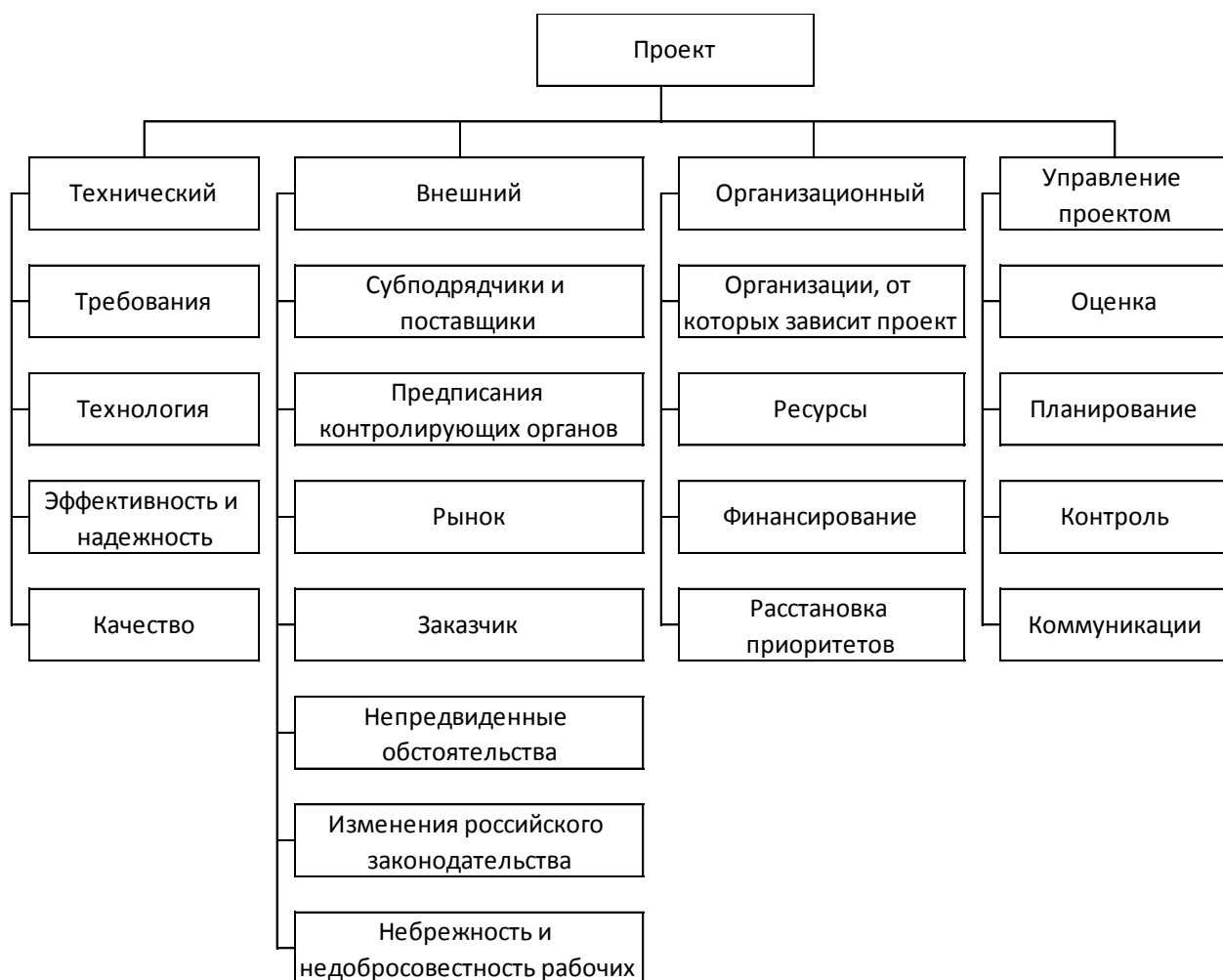


Рисунок 4.2 - Иерархическая структура рисков.

4.10. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Оценка сравнительной эффективности исследования.

Чтобы определить эффективность исследования, необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Для этого определяют две средневзвешенные величины: финансовую эффективность и ресурсоэффективность.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 4.10). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи

принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} \quad (7)$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Таблица 4.18 - Группировка затрат по статьям аналогов разработки.

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Стоимость электроэнергии	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1	1000	165253,85	662,56	230895,36	70423,08	468234,85
2	1000	10677,75	662,56	296425,36	90409,73	399175,40

Найдем значения интегрального финансового показателя для всех вариантов исполнения научного исследования:

$$\text{Для нашей разработки: } I_{\phi}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\max}} = \frac{559023,75}{468234,85} = 0,92$$

$$\text{Для первого аналога: } I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{468234,85}{468234,85} = 1$$

$$\text{Для второго аналога: } I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{max}} = \frac{399175,40}{468234,85} = 0,85$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы, то есть наша разработка обладает наименьшей стоимостью по сравнению с аналогами.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяют следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (8)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;
 a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки,
 устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Результат расчетов представим в виде таблицы:

Таблица 4.19 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	3

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	4	3
4. Энергосбережение	0,2	5	5	4
5. Надежность	0,25	5	4	3
6. Материалоемкость	0,15	5	4	3
ИТОГО	1	4,85	4,05	3,35

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad \dots \quad (9)$$

$$\text{Для нашей разработки: } I_{финр}^p = \frac{4,85}{0,74} = 6,59$$

$$\text{Для первого аналога: } I_{финр}^{a1} = \frac{4,05}{1} = 4,05$$

$$\text{Для второго аналога: } I_{финр}^{a2} = \frac{3,35}{0,85} = 3,93$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (10)$$

где $\mathcal{E}_{ср}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 4.20 - Сравнительная эффективность разработки с первым аналогом.

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Разработка	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,74	0,85
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,05	4,85	3,35
3	Интегральный показатель эффективности	4,05	6,59	3,93
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,63	1,68	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показывают, что наша разработка более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Подана статья в журнал “Toxicology International” (SCOPUS).

“The study of surface parameters and sorption properties of aerated concrete based sorbents for water purification from E. Coli bacteria”

2. XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени профессора Л.П. Кулёва. Раздел: Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов.

Тезис на тему: **«Изучение сорбционных свойств газобетона для очистки воды от бактерий E.Coli»**

3. VI Всероссийская научно-практическая конференция для студентов и учащейся молодежи «Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении» . Раздел: Экология, безопасность и охрана труда на предприятии.

Тезис на тему: **«Использование минеральных сорбентов для очистки от микробиологических загрязнений»**

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2008 году» / НИА – Природа, Москва, 2009.
2. Демин А. П. Тенденция использования и охраны водных ресурсов в России // А. П. Демин. - Водные ресурсы. - 2000. - Т. 27, № 6. - С. 735 – 754.
3. Феофанов Ю. А. Проблемы и задачи в сфере обеспечения населения питьевой водой // Ю. А. Феофанов. - Вода и экология. - 1999. - № 1. - С. 4 - 7.
4. Тарасович Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды // Ю. И. Тарасович - Киев: Наукова думка, 1981. - 207 с.
5. Исмагилов Р. Р. Проблема загрязнения водной среды и пути ее решения // Р. Р. Исмагилов. - Молодой ученый. - 2012. - №11. - С. 127 - 129.
6. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. - Л., Гос. ком. СССР по гидрометеорологии Министерства геологии СССР, 1991. - 135 с.
7. Государственный доклад «О состоянии водных ресурсов Российской Федерации в 2003 году» / НИА – Природа, Москва, 2004.
8. Ревич Б.А., Гурвич Е.Б. Региональные и локальные проблемы химического загрязнения окружающей среды и здоровья населения // Медицина труда и промышленная экология. - 1996. - № 9. - С. 23 - 29.
9. Методическое руководство по биотестированию воды. РД-118-02-9. М.: Госкомприрода СССР, 1991. - 46 с.
10. Онищенко Г.Г. Гигиенические задачи в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения на современном этапе // Гигиена и санитария. - 1999. - № 1. - С. 3 - 8.
11. Яковлев С.В. Научные исследования в области водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. - 1993. - № 5.- С. 10 - 13.
12. The world health report 1997 - conquering suffering, enriching humanity World Health Organization; Geneva, Switzerland: 1997. P. 127–129.

13. Population biology of emerging and re-emerging pathogens/ Mark E.J. Woolhouse // Trends in Microbiology – 2002. - Vol. 10 No. 10 (Suppl.). P. S3-S7.
14. Emerging parasite zoonoses associated with water and food / Slifko TR, Smith HV, Rose JB // International Journal for Parasitology , 30. – 2000. – P. 1379–1393.
15. Emerging and re-emerging infectious diseases / Desselberger U // Journal of Infection, 40. – 2000. – P. 3–15.
16. Risk factors for human disease emergence / Taylor LH, Latham SM, Woolhouse MEJ // Philosophical Transactions of the Royal Society London – B , 356. – 2001. – P. 983–989.
17. The State of the World's Children 2009: Maternal and Newborn Health. UNICEF; New York, NY, USA: 2009.
18. Water pollution in Pakistan and its impact on public health—A review / Azizullah A., Khattak M.N., Richter P., Häder D.P. // Environ. Int.37. - doi: 10.1016/j.envint.2010.10.007. – 2011 P. 479–497
19. Evaluation of the vulnerability to contamination of drinking water systems for rural regions in Québec /Cool G., Rodriguez M.J., Bouchard C., Levallois P., Joerin F. // Canada. J. Environ. Plann. Manag., 53. doi: 10.1080/09640561003727128 – 2010. P. 615–638.
20. Emerging Issues in Water and Infectious Disease. World Health Organization; Geneva, Switzerland: 2003.
21. A swimming-associated outbreak of hemorrhagic colitis caused by Escherichia coli 0157:H7 and Shigella sonnei / Keene, W.E., McAnulty, J.M., Hoesly, F.C., Williams, L.P., Hedber, K., Oxman, G.L., Barrett, T.J., Pfaller, M.A. and Fleming, D.W. // New Engl. J. Med. 331. – 1994. – P. 579-584.
22. Combined sewer overflows: a source of Cryptosporidium and Giardia? / Gibson CJ III et al.// Water Science and Technology, 38 (12). – 1998. – P. 67-72.
23. Incidence of recurrent peptic ulcers in patients with cured H. pylori infection a large-scale multicenter study from Japan / H. Miwa, N. Sakaki, T. Sugiyama // AJG. - 2002. - Vol. 97. - № 9. - Suppl. - P. 45.

24. The urban environment and health in a world of increasing globalization: issues for developing countries / McMichael AJ // Bulletin of the World Health Organization , 78. – 2000. – P. 1117-1126.
25. Risk factors for human disease emergence / Louise H. Taylor, Sophia M. Latham, Mark E.J. Woolhouse // The Royal Society Philosophical Transactions: Biological Sciences, Vol. 356, No. 1411, (Jul. 29, 2001), P. 983-989.
26. Evaluation of coliphages as indicators of the virological quality of sewage-polluted water / Grabow, W.O.K, Coubrough, P., Nupen, E.M. and Bateman, B.W. // Water SA 10. – 1984. – P. 7-14.
27. Using a conceptual framework for assessing risks to health from microbes in drinking water / Sobsey MD et al. // Journal of the American Water Works Association, 85. – 1993. – P. 44-88.
28. Design and operation of a slow sand filter / Seelaus TJ, Hendricks DW, Janonis BA // Journal of the American Water Works Association, 78(12). – 1986. – P. 35-41.
29. Detection of Cryptosporidium from wastewater and freshwater environments / Rose J et al. // Journal of Water Science Technology, 18(10). – 1991. – P. 233-239.
30. Mechanism of disinfection: effect of chlorine on a cell membrane functions / Venkobachar C, Iyengar L, Rao AVSP // Water Research, 11. – 1977. – P. 727-729.
31. Inactivation of Cryptosporidium parvum oocysts and Clostridium perfringens spores by a mixed-oxidant disinfectant and by free chlorine / Venczel LV et al. // Applied and Environmental Microbiology, 63. – 1997. – P. 1598-1601.
32. Inactivation of bacterial and viral indicators in secondary sewage effluents, using chlorine and ozone / Tyrrell, S.A., Rippey, S.R., Watkins, W.D. and Marcotte Chief, A.L. // Wat. Res. 29. – 1995. – P. 2483-2490.
33. Safe piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems / Ainsworth R, ed. //World Health Organization, Geneva. – 2004.

34. Cultural methods of detection for microorganisms: recent advances and successes / Watkins, J. and Xiangrong, J. // In *The Microbiological Quality of Water* (ed. D.W. Sutcliffe). – 1997. – P. 19-27.
35. Phylogenetic identification and *in situ* detection of individual microbial cells without cultivation / Amann, R.I., Ludwig, W. and Schleifer, K.-H. // *Microbiol. Rev.* 59. – 1995. – P. 143-169.
36. Assessment of cell culture and polymerase chain reaction procedures for the detection of polioviruses in wastewater / Grabow, W.O.K., Botma, K.L., de Villiers, J.C., Clay, C.G. and Erasmus, B. // *Bulletin of the World Health Organization* 77. – 1999. – P. 973-980.
37. Flow-cytometric analysis of the *in situ* accessibility of *Escherichia coli* 16S rRNA for fluorescently labelled oligonucleotide probes / Fuchs, B.M., Wallner, G., Beisker, W., Schwiippl, I., Ludwig, W. and Amann, R. // *Appl. Environ. Microbiol.* 64. – 1998. – P. 4973-4982.
38. *Monoclonal Antibodies: Principles and Practice* / Goding, J.W. // 2nd edn, Academic Press, London. – 1986.
39. Bacteriophages as viral pollution indicators / Kott, Y., Roze, N., Sperber, S. and Betzer, N. // *Wat. Res.* 8. – 1974. – P. 165-171.
40. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.
41. ГОСТ 2761-84 Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.
42. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.
43. СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников».
44. Waterborne diseases: Update on water quality assessment and control / Grabow, W.O.K // *Water SA*. 22 – 1996. – P. 193–202.

45. Indicators of viruses in waters. In *Indicators of Viruses in Water and Food* / Berg, G. and Metcalf, T.G. // Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, MI. – 1978/ - ed. G. Berg. - P. 267–296.
46. The coliform count as a measure of water quality. In *Water Pollution Microbiology*/ Wolf, H.W. // Wiley-Interscience, New York. – 1972. – P. 333–345.
47. Recent experiences in the rapid identification of *Bacterium coli* type / Mackenzie, E.F.W., Windle-Taylor, E. and Gilbert, W.E. // *J. Gen. Microbiol.* 2. – 1948. – P. 197-204.
48. Coliforms and *E. coli* in Finnish surface waters. In *Coliforms and E. coli. Problems or Solution?* / Niemi, R.M., Niemelä, S.I., Lahti, K. and Niemi, J.S. // The Royal Society of Chemistry, Cambridge. – 1997. – P. 112-119.
49. A critical appraisal of the coliform test / Waite, W.M. // *JIWSDI* 39. – 1985. – P. 341-357.
50. The Bacteriological Examination of Water Supplies. Reports on Public Health and Medical Subjects // 4th edn, No. 71, HMSO. – 1969. - London.
51. *Escherichia coli* : the fecal coliform. In *Bacterial Indicators/health Hazards Associated with Water* / Dufour, A.P.// American Society for Testing and Materials, PA. – 1977. – P. 48-58.
52. Direct horizontal-flow roughing filtration. Part II: performance and operational guideline / Ahsan T, Alaerts GJ, Buiteman JP // *Aqua*, 4. – 1998. – P.- 191-281.
53. Solving algae problems: French expertise and world-wide applications / Mouchet P, Bonnelye V // *Aqua*, 47. – 1998. – P. 125-141
54. Reservoirs and drinking water supply — a global perspective / Bernhardt H. // *Aqua*, 44. – 1995. – P. 2-17.
55. International report: removal of micro-organisms by clarification and filtration processes / Gimbel R, Clasen J // *Water Supply*, 16. – 1998. – P. 203-208.
56. Granular bed and precoat filtration / Cleasby JL, Logsdon GS // In: Letterman RD, ed. *Water Quality and Treatment*. New York, McGraw Hill, Inc. – 1999. – P. 8.1-8.99.

57. Removing Giardia cysts from low turbidity waters by rapid filtration / Al-Ani MY // Journal of the American Water Works Association, 78(5). – 1986. – P. 66-73.
58. Membranes, In: Letterman RD, ed / Taylor JS, Wiesner M // Water Quality and Treatment. New York, McGraw Hill, Inc. – 1999. – P. 11.1-11.71
59. Microfiltration: a case study / Yoo RS // Journal of the American Water Works Association, 87(3). – 1995. – P. 38-49.
60. Full-scale studies of factors related to coliform regrowth in drinking water / LeChevallier MW, Welch NJ, Smith DB // Applied and Environmental Microbiology, 62. – 1996. – P. 2201-2211
61. Sorption behaviour of phenols on natural sandy aquifer material during flow-through column experiments: the effect of pH / Amiri F, Rahman MM, Bořnick H, Worch E. // Acta Hydrochim Hydrobiol. - 2004; 32. – P. 214–224.
62. Considering age and size distributions of activated-carbon particles in a completely-mixed adsorber at steady state / Traegner UK, Suidan MT, Kim BR. // Water Res 1996;30. – P. 1495–1501
63. Low-cost adsorbents: growing approach to wastewater treatment – a review / Gupta VK, Carrott PJM, Ribeiro Carrott MML, Suhas // Crit Rev Environ Sci Technol 2009;39: P. 783–842.
64. Untersuchungen zur konkurrierenden Sorption organischer Schadstoffe an Bodenmaterial [Investigations into competitive sorption of organic contaminants onto soil material] / Schreiber B, Worch E. // Vom Wasser 2000;95. – P. 279–292.
65. Modelling the solute transport under non-equilibrium conditions on the basis of mass transfer equations / Worch E. // J Contam Hydrol 2004; 68. - P. 97–120.
66. Correlation of liquid-side mass transfer coefficient for single particles and fixed beds / Ohashi H, Sugawara T, Kikuchi KI, Konno H. // J Chem Eng Jpn 1981;14. – P. 433–438.
67. Simplification of the IAST for activated carbon adsorption of trace organic compounds from natural water / Qi S, Schideman L, Mariñas BJ, Snoeyink VL, Campos C. // Water Res 2007;41: 440–448.

68. Kinetik der nicht-isothermen Desorption organischer Stoffe von Aktivkohle [Kinetics of non-isothermal desorption of organic substances from activated carbon] / Seewald H, Jüntgen H. // Ber Bunsenges Phys Chem:81. - 1977. -. P. 638–645.
69. Disinfection of biofilms in a model distribution system / LeChevallier MW, Lowry CD, Lee RG // Journal of the American Water Works Association, 82(7). – 1990. – P. 87-99
70. Concentration dependence of effective surface diffusion coefficients in aqueous phase adsorption on activated carbon / Sudo Y, Misic DM, Suzuki M. // Chem Eng Sci;33. – 1978. – P. 1287–1290.
71. October Research Applications Newsletters: Research Leads to Large-Scale Microfiltration Plants, Denver, CO, American Water Works Association Research Foundation / AWWARF. – 1999.
72. User-oriented batch reactor solutions to the homogeneous surface diffusion model for different activated carbon dosages / Zhang Q, Crittenden J, Hristovski K, Hand D, Westerhoff P. // Water Res;43. – 2009. – P. 1859–1866.
73. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники // Н. В. Кельцев – М.: Химия, 1984.– 592 с.
74. Рабо Дж. Химия цеолитов и катализ на цеолитах // Дж. Рабо. - М. :Мир. 1980. Т1. 502с.
75. Синтетические цеолиты. / Жданов С. П. , Хвощев С. С., Самулевич Н.Н. // М. :Химия. 1981. 264с.
76. Цеолиты, их синтез и условия образования в природе / Сендеров Э.Э., Хитаров Н.И. // М. :Наука. 1970. 395с.
77. Неймарк И.Е. Синтетические минеральные адсорбенты и носители катализаторов // И.Е. Неймарк. - Киев: Наук. думка. 1982. 216с.
78. Производство автоклавного газобетона в России: состояние рынка и перспективы развития / Гринфельд Г.И. // Строительные материалы. 2013. No2. С. 76–78.

79. Ячеистый бетон в жилищно-гражданском строительстве / Граник Ю.Г. // Строительные материалы. 2003. № 3. С. 2-6.

80. ГОСТ 31359 - 2007 Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия.

81. Бетоны автоклавного твердения / Миронов С.А., Кривицкий М.Я., Малинина Л.А., Малинский Е.Н., Счастный А.Н. // М.: Изд-во литер, по строительству, 1968. 279 с.

82. Баутина Е.В. Оценка состояния ячеистого силикатного бетона в ограждающих конструкциях жилых зданий с длительным сроком эксплуатации // Дисс. на соиск учен. степ. к.т.н, Воронеж, 2006. 222 с

83. Федеральный закон РФ от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда.

84. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www. URL: http://www.consultant.ru/popular/cons](http://www.consultant.ru/popular/cons)

85. Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2014 - 2016 годы от 25 декабря 2013 г. [Электронный ресурс]: - Режим доступа [www.URL: http://www.rg.ru/2013/12/30/a904631-dok.html](http://www.rg.ru/2013/12/30/a904631-dok.html)

86. ГОСТ 12.3.002–75 .Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности [Текст].-введ. 01.07.1976.- М.: Стандартиформ, 2007. – 8 с.

87. СП 2.2.2.1327-03. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www. URL: http://www.mhts.ru/BIBLIO/SNIPS/sp/2.2.2.1327-03/2.2.2.1327-03.htm](http://www.mhts.ru/BIBLIO/SNIPS/sp/2.2.2.1327-03/2.2.2.1327-03.htm)

88. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности инструменту [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www.URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/)

89. ГОСТ 12.1.010–76. Взрывобезопасность. Общие требования [Текст].- введ. 01.01.1978.- М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 7 с.
90. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст].-введ. 01.01.1989.- М.:Стандартинформ, 2008. – 49 с.
91. ГОСТ 12.1.003–83. Шум. Общие требования безопасности. [Текст].- введ. 01.07.1984.- М.: Стандартинформ, 2008. – 13 с.
92. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www.URL: http://www.complexdoc.ru/ntdtext/485621](http://www.complexdoc.ru/ntdtext/485621)
93. ГОСТ 12.1.002–84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни и требования к проведению контроля на рабочем месте [Текст].-введ. 01.01.1986.- М.: Стандартинформ, 2009. – 7 с.
94. СанПиН 2.2.4.1191-03.Электромагнитные поля в производственных условиях зданий [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www.URL: http://www.vrednost.ru/2241191-03.php](http://www.vrednost.ru/2241191-03.php)
95. ГОСТ 12.1.045–84 Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочем месте и требования к проведению контроля [Текст].-введ. 01.07.1985.- М.: Стандартинформ, 2006. – 3 с.
96. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). *Приказ Минэнерго России от 06 октября 1999 года* [Электронный ресурс].- Режим доступа [www.URL: http://docs.cntd.ru/document/1200003114](http://docs.cntd.ru/document/1200003114)
97. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс].- Режим доступа [www.URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/)
98. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. N384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс].- Режим доступа [www.URL: http://www.rg.ru/2009/12/31/tehreg-zdaniya-dok.html](http://www.rg.ru/2009/12/31/tehreg-zdaniya-dok.html)

99. Технический регламент от 24 декабря 2009 г. О безопасности средств индивидуальной защиты [Электронный ресурс]. - Режим доступа [www.URL:
http://www.rg.ru/2010/03/30/tehreg-site-dok.html](http://www.rg.ru/2010/03/30/tehreg-site-dok.html)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Приложения для раздела ВКР, выполненного на иностранном языке

Разделы:

1.1 Problems of microbiological pollution of water environments.

**1.2 Potential drivers of the emergence and re-emergence of pathogens in
water**

1.3 Indicators of microbial water quality

1.4 Removal processes of microorganism from water

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ4Г	Кан Татьяна Леонидовна		

Консультант кафедры _____ ИПР _____:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ФАХ	Воронова О.А.	к. х. н.		

Консультант – лингвист кафедры _____ ИЯПР _____:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.пр.каф. ИЯПР	Рыманова И. Е.	старший преподаватель		

1.1 Problems of microbiological pollution of water environments.

Water is an essential element for life. Fresh water comprises 3% of the total water on earth. Only a small percentage (0.01%) of this fresh water is available for human use. Unfortunately even this small proportion of fresh water is under immense stress due to rapid population growth, urbanization and unsustainable consumption of water in industry and agriculture. According to a UNO report, the world population is increasing exponentially while the availability of fresh water is declining.

Emerging pathogens are those that have appeared in a human population for the first time, or have occurred previously but are increasing in incidence or expanding into areas where they have not previously been reported, usually over the last 20 years [5]. Re-emerging pathogens are those whose incidence is increasing as a result of long-term changes in their underlying epidemiology [6]. By these criteria, 175 species of infectious agent from 96 different genera are classified as emerging pathogens. Of this group, 75% are zoonotic species.

Improved methods of surveillance, epidemiological studies and the continuous development of more advanced methods of diagnosis have allowed us to detect new pathogenic species of microorganism or to associate a known microorganism with a new or atypical set of disease symptoms.

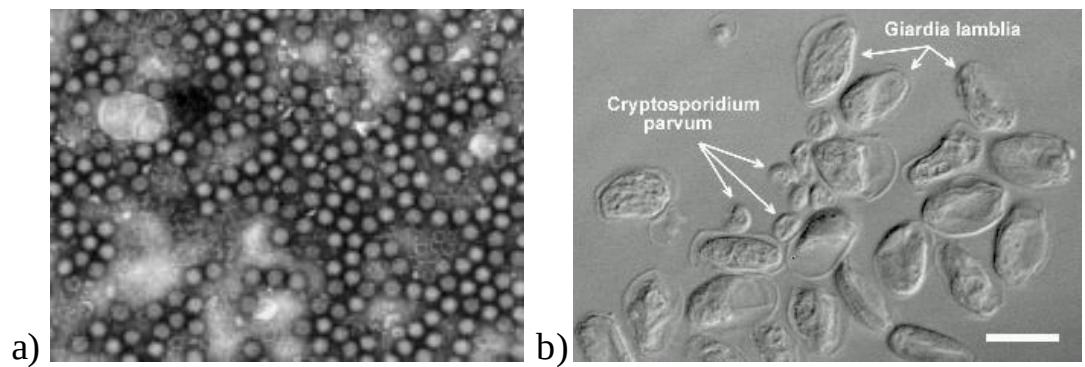
Furthermore, the agents of several diseases that were thought to have been controlled are re-emerging as a result of adaptive changes in the pathogen, changes to the immunological status of the host, or environmental, demographic and socio-economic changes. Each of these pathogens represents a public health problem.

Developments in our understanding of the relationships between water and human health have been characterized by the periodic recognition of previously unknown pathogens or of the water-related significance of recognized pathogens. Several studies have confirmed that water-related diseases not only remain a leading cause of morbidity and mortality worldwide, but that the spectrum of disease is expanding and the incidence of many water-related microbial diseases is increasing.

One of the biggest concerns is finding pathogenic, or disease-causing, microbes in drinking water. Bacterial contamination of drinking water is a major contributor to water-borne diseases such as diarrhea, nausea, gastroenteritis, typhoid dysentery and other health-related problems, especially in children and persons with weak immune systems [1, 2]. Regardless of the source of contamination, natural or otherwise, one of the most common bacteria is known as Coliform Bacteria. Total bacterial count, total coliforms and *Escherichia coli* are common indicators of water contamination with disease causing pathogens. Sources of total and fecal coliform in groundwater can include infiltration of domestic or wild animal fecal matter, effluent from leaking septic systems or sewage discharges and agricultural runoff [3]. According to the WHO standard for public drinking water, total coliforms and fecal coliforms in 100 mL of water must both be below detectable levels [4].

What's interesting to note is that the coliform bacteria found in human gut rarely cause any trouble. They are basically looking for a place to eat, live, and reproduce. That place just happens to be human intestinal tract. However, every now and then, a type of dangerous, toxin-producing, coliform bacteria known as *E. coli* O157:H7 can cause bloody diarrhea and even kidney failure in people who ingest this deadly microbe by eating or drinking contaminated food or water.

Since 1970, several species of microorganism from human and animal faeces and from environmental sources, including water, have been confirmed as pathogens. Examples include *Cryptosporidium*, *Legionella*, *Escherichia coli* O157 (*E. coli* O157), rotavirus, hepatitis E virus and norovirus (formerly Norwalk virus). Furthermore, the importance of water in the transmission of recognized pathogens is being continually assessed as new tools become available through advances in science, technology and epidemiology. *Helicobacter pylori* (*H. pylori*) is an example of a recently emerged pathogen that may be transmitted through water.



Picture 1 – Appearance of bacteria a) Rotavirus b) *Cryptosporidium* and *Giardia*

There is a strong link between *H. pylori* infection and gastric cancer in many countries, but there are large intercountry variations in incidence of gastric cancer and *H. pylori* seroprevalence seen among many Asian countries. For example, the prevalence of *H. pylori* infection is high in India and Bangladesh, but low gastric cancer rates have been reported. Factors that may influence the etiology of gastric cancer include the genetic diversity of the infecting *H. pylori* strains and differences in the host genetic background in various ethnic groups. These factors, in addition to environmental factors, such as personal hygiene and dietary habits, reflect the multifactorial etiology of gastric cancer [7]. A number of studies have demonstrated that *H. pylori* survive in water although isolation of *H. pylori* from water systems has been shown to be difficult.

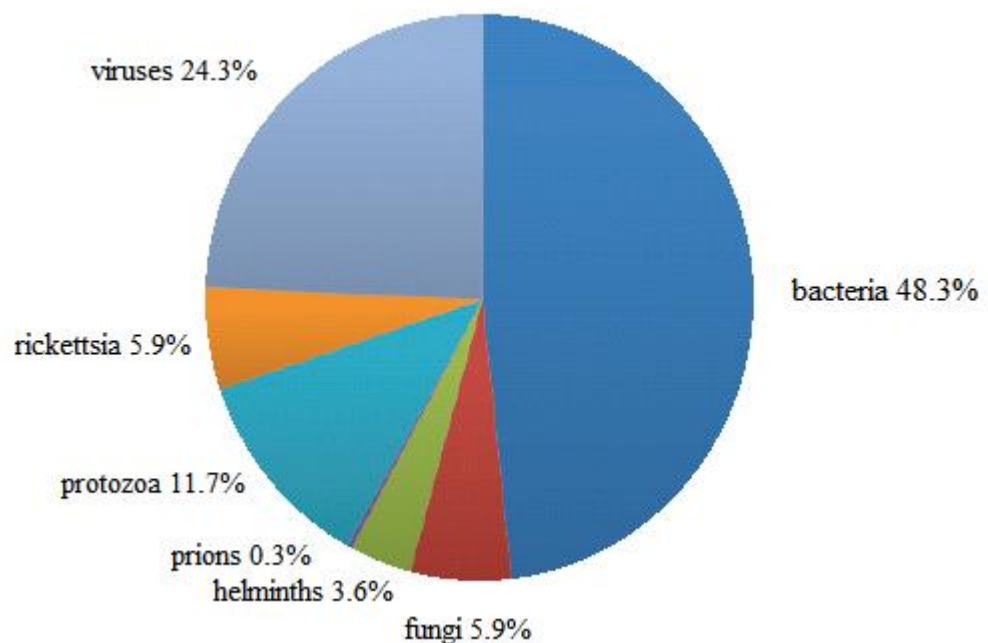


Picture 2 – Appearance of bacteria *Helicobacter pylori*

Similarly, water-related vector-borne pathogens have been (re-) emerging over the past 20 years. To a large extent this has been caused by the emergence and spread of drug-resistant parasites (for example, the *Plasmodium* species causing

malaria) and of insecticide-resistant vectors. Changing environments linked to such trends as intensified water resources development and urbanization, and the accompanying demographic changes, have created conditions where vector-borne diseases can gain new strongholds. International travel has contributed to the spread of pathogens to areas where the vector was already present but so far innocuous (for example, West Nile virus in North America).

The distribution of emerging pathogens according to the main group of microorganisms to which they belong. The figure shows that nearly half of all emerging pathogens are bacteria or viruses [8].



Picture 3 – Distribution of emerging pathogens by group

There are many reasons why human pathogens emerge or re-emerge after a long period of inactivity, but most have a common theme and may be grouped under a few general headings: new environments, new technologies, scientific advances, and changes in human behaviour and vulnerability. Some factors associated with emerging issues in water and infectious disease, for example, agricultural and wastewater management practices, may be anticipated and subsequently controlled by implementing appropriate resource protection and management strategies. Others, such as demographic, behavioural changes and socio-economic factors, also may be

anticipated, but the outcomes are unpredictable and appropriate control measures difficult to implement.

1.2 Potential drivers of the emergence and re-emergence of pathogens in water

The interplay between the host and the pathogen is a complex one, each driven by the need to secure the success of the species. Adaptations by one partner to exploit new environments will often stimulate the other to modify its characteristics to take advantage of the change. As a consequence of this cycle of interaction created by changing environments, new strains of pathogen will evolve. Over time, these strains may emerge as new species with characteristic disease symptoms.

There is a large portfolio of case studies demonstrating how dams and irrigation schemes have led to the spread of malaria, schistosomiasis, filariasis and Japanese encephalitis. Furthermore, climate change is expanding the range of mosquito species responsible for the transmission of the malarial parasite and the dengue virus. Thus, new environments can favour the proliferation of pathogens or their vectors and bring about contact with a previously-unexposed population.

More often than not, new technologies have a neutral impact on the ecology of pathogens, but some technologies accidentally introduce new routes of exposure between humans and pathogens. This is particularly evident when dealing with technologies that are used in water treatment, storage and distribution.

New water treatment, storage and distribution technologies are being developed to improve and maintain the quality of drinking-water. Many of these technologies will have significant benefits, but unforeseen problems with a few may introduce new risks, such as harmful by-products or pathways of transmission that may lead to the re-emergence of water-related pathogens. Each time a risk is identified, systems are developed to eliminate or reduce the risk that may, in turn, increase or decrease other risks. In the context of new technologies, water distribution systems show how an engineering solution to one problem can create new opportunities for contact between humans and water-related pathogens.

The effectiveness of slow-sand filtration to remove pathogens from drinking-water before it enters the distribution system was demonstrated spectacularly during the outbreak of cholera in Germany in 1892. Hamburg suffered a very high mortality amongst its population, whilst neighbouring Altona, which abstracted water from the same source as Hamburg but used treatment by slow-sand filtration, escaped the worst ravages of the cholera. Slow-sand filters occupy large areas of land and so rapid-sand filtration was introduced as an alternative technology. Yet, in order to maintain their efficiency, rapid-sand filters must be cleaned regularly by 'backwashing'. Producers can reduce costs by recycling the backwash water. *Cryptosporidium* oocysts are concentrated on the filters during normal operation. Recycling backwash water to the raw water flow can return large numbers of oocysts to the treatment plant at a time when the plant is potentially vulnerable to breakthrough. This practice has led to outbreaks of disease.

Chlorine is the most widely-used drinking-water disinfectant. It was first used for treating water by John Snow (1845) as he intervened to control the outbreak of cholera in London. The use of chlorine disinfection has made an immense contribution to the safety of drinking-water supplies, yet, recently, the limitations of chlorine and some disadvantages linked to its use have been widely publicised:

- although chlorine is effective against most vegetative bacteria and viruses when used at the normal concentration for treatment, it will not inactivate *Cryptosporidium* oocysts. Furthermore, chlorine has a very limited effect upon pathogens growing in biofilms. So while its use reduces overall risks, it changes the relative impact of different pathogens;

- traces of chemical by-products of chlorine disinfection have raised public concern about potential long-term but small risks from chemically treated water. Inappropriate decisions made about the risks from chemical contamination versus the need to maintain microbiological safety to protect consumers from imminent high microbial risks have been implicated in the re-emergence of pathogens.

Despite the treatment of source water and the use of chlorine disinfectant, contamination of piped water supply continues to occur, without necessarily causing

large easy-to-recognize outbreaks, through leaks, or at other vulnerable parts of the system, and during maintenance work. Once in the system, bacteria, fungi and protozoa can attach to the inner surfaces of the pipes and some may to produce biofilms.

Recent analysis of the pathogens regarded as emerging has shown that they are not a random subset of all pathogens, but that they share certain characteristics. Zoonotic pathogens, for example, are almost twice as likely to be regarded as emerging or re-emerging than non-zoonotic pathogens. This observation has implications for intensive livestock farming, which frequently can result in the discharge of pathogens into water from concentrated animal wastes and animal feeding operations. Several species of emerging water-related pathogen have been recognized from these sources, including *Cryptosporidium*, *E. coli* O157 and *Campylobacter*. This example shows how a substantial enhancement of a long-term practice can impact watercourses in ways that are not anticipated.

The history of pathogen discovery broadly describes a cycle of events beginning with a disease of unknown etiology, development of analytical techniques, and identification of the etiological agent. Advances in analytical techniques are a fundamental component of the exploration of emerging pathogens. By increasing our capacity to concentrate and detect micro-organisms in water samples, we can recognize new pathogens and associate known micro-organisms with diseases of unknown etiology. However, despite advances in diagnostic technology water-related disease of unknown etiology remains a significant percentage of the total outbreaks of disease. Published statistics show that between 1991 and 2000, the etiological agent of around 40% of drinking-water associated outbreaks was not identified.

Following the conception of the germ theory of infectious disease, methods for the isolation and identification of micro-organisms developed rapidly. During the first half of the 20th century the power of analytical techniques was enhanced by improved culture media for the selection and enumeration of pathogens, and new techniques for visualization of organisms and their cellular structures. Using these techniques, many water-related bacterial and protozoal pathogens were isolated and

characterized. The discovery of techniques for growing mammalian viruses in cell culture further expanded the list of water-related pathogens.

Possibly the most revolutionary advance in analytical technology during the last 30 years was the discovery of a simple, but effective method of amplifying very specific regions of an organism's genetic material. The technique, called the Polymerase Chain Reaction (PCR), is now widely used in medical, forensic and environmental laboratories. Not only does the method allow investigators to discriminate between micro-organisms from different sources, it can be used to detect extremely small quantities of the nucleic acid: equivalent to a single micro-organism. Detection of nucleic acid by PCR does not necessarily indicate that viable infective organisms are present, but it is an excellent exploratory tool.

A significant number of the viruses associated with water-related disease outbreaks cannot be grown in the laboratory using conventional culture techniques. The use of PCR methods for the analysis of pathogens in water has been fundamental to our understanding of the distribution of some of the most important water-related viral pathogens: for example noroviruses, rotaviruses and hepatitis E virus.

Other recently-developed technologies are being assessed for their application in water microbiology. Flow cytometry is a powerful technique using laser light to quantify particles or to recognize structural features of cells. By measuring the scatter and wavelength of light as a particle intercepts the beam, information can be gained that allows the rapid quantification of the organisms. The analytical capability of the technique can be further enhanced by use of fluorescent monoclonal antibodies that are specific for a particular pathogen.

The recognition of emerging and re-emerging pathogens does not rely solely upon the development of new analytical methods. The reassessment of methods in the context of improved knowledge about the health risks from water-related disease leads to evolving interpretation of findings. The recognition of emerging and re-emerging pathogens does not rely solely upon the development of new analytical methods. The reassessment of methods in the context of improved knowledge about

the health risks from water-related disease leads to evolving interpretation of findings.

The immune system provides an efficient line of defence against infection. During the life of an individual, the immune system develops, matures and eventually wanes. At birth the immune system offers little protection against infection, but it develops rapidly in response to stimulants in the environment, infectious disease organisms, and from contact with other people. After a few years the body has acquired an elaborate system of cellular and humoral immunity that can rapidly neutralize an infectious agent as well as set up a barrier against future infection by the same agent. In later life, the efficiency of the immune system begins to wane and the body is once again more susceptible to infection.

Factors apart from age can affect the effectiveness of the immune system: for example, the individual's level of nutrition and fitness, stress, excessive exposure to ultraviolet irradiation, and pregnancy. Some, however, can have a devastating impact on the immune system. The transplantation of organs, such as the heart, liver and kidneys, is followed by the long-term administration of immunosuppressive drugs to prevent rejection of the new organ. Cancer treatment often involves procedures that reduce the effectiveness of the immune system.

In combination, the ageing of the world's population, the use of immunosuppressive procedures, and the global spread of HIV/AIDS have created a large and growing population with impaired immune systems. This group of people is highly susceptible to infection by organisms that may be of little or no threat to immunocompetent individuals, or have a greater risk of mortality from normally-benign infections. Several pathogens have emerged or are re-emerging within the immunocompromised population eg. *Cryptosporidium* and MAC.

Human frailty has been the cause of many outbreaks of infectious disease, but the consequences can be particularly devastating when the failure has occurred within established public health protection measures. Production of water that poses no threat to the consumer's health depends on continuous protection. Because of human frailties associated with protection, priority should be given to selection of the purest

source. Polluted sources should not be used unless other sources are economically unavailable, and then only when personnel, equipment and operating procedures can be depended on to purify and otherwise continuously protect the drinking-water supply.

1.3 Indicators of microbial water quality

Traditionally, indicator micro-organisms have been used to suggest the presence of pathogens [9]. Today, however, we understand a myriad of possible reasons for indicator presence and pathogen absence, or vice versa. In short, there is no direct correlation between numbers of any indicator and enteric pathogens [10]. To eliminate the ambiguity in the term ‘microbial indicator’, the following three groups (outlined in Table 1.1) are now recognised:

- General (process) microbial indicators,
- Faecal indicators (such as *E. coli*)
- Index organisms and model organisms.

Table 1.1 – Definitions for indicator and index micro-organisms

Group	Definition
Process indicator	A group of organisms that demonstrates the efficacy of a process, such as total heterotrophic bacteria or total coliforms for chlorine disinfection
Faecal indicator	A group of organisms that indicates the presence of faecal contamination, such as the bacterial groups thermotolerant coliforms or <i>E. coli</i> . Hence, they only infer that pathogens may be present.
Index and model organisms	A group/or species indicative of pathogen presence and behaviour respectively, such as <i>E. coli</i> as an index for <i>Salmonella</i> and F-RNA coliphages as models of human enteric viruses.

The validity of any indicator system is also affected by the relative rates of removal and destruction of the indicator versus the target hazard. So differences due

to environmental resistance or even ability to multiply in the environment all influence their usefulness. Hence, viral, bacterial, parasitic protozoan and helminth pathogens are unlikely to all behave in the same way as a single group, and certainly not in all situations. Furthermore, viruses and other pathogens are not part of the normal faecal microbiota, but are only excreted by infected individuals. Therefore, the higher the number of people contributing to sewage or faecal contamination, the more likely the presence of a range of pathogens. The occurrence of specific pathogens varies further according to their seasonal occurrence [11]. In summary, there is no universal indicator, but a number, each with certain characteristics.

Water sanitary engineers, however, require simple and rapid methods for the detection of faecal indicator bacteria. Hence, the simpler to identify coliform group, despite being less faecal-specific and broader (for which *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* and *Citrobacter* were considered the most common genera) was targeted. One of the first generally accepted methods for coliforms was called the Multiple-Tube Fermentation Test.

1.4 Removal processes of microorganism from water

In 1914, the first Public Health Service Drinking Water Standard adopted a bacteriological standard that was applicable to any water supply provided by an interstate common carrier [12]. It specified that not more than one out of five 10 ml portions of any sample examined should show the presence of the *E. coli* group by the specified Multiple-Tube Fermentation procedure (now referred to as the Most Probable Number or MPN procedure).

Although this test is simple to perform, it is time-consuming, requiring 48 hours for the presumptive results. There is a number of isolation media each with its bias and the bacteria enriched are not a strict taxonomic group. Hence, the total coliforms can best be described as a range of bacteria in the family varying with the changing composition of the media.

Following presumptive isolation of coliforms, further testing is required for confirmation of the coliform type. During the late 1940s there was a divergence

approaches to identifying the thermotolerant or so-called 'faecal' coliforms. Mackenzie et al. [13] had shown that atypical fermentors of lactose at 44°C were indole-negative, whereas *E. coli* was indole-positive. Thus over a period of some 50 years, water bacteriologists developed the concept of *E. coli* as the indicator of faecal pollution, but continued to attach significance to the total lactose fermenters, known variously as 'coli-aerogenes' group, *Escherichia-Aerobacter* group, colon group or generally referred to as the 'total coliforms' group.

Despite the obvious failings of the total coliform group to indicate health risk from bacterial pathogens, they provide valuable information on process efficiency which is clearly important in relation to health protection.

Until the 1950s practical water bacteriology relied almost exclusively, for indicator purposes, on the enumeration of coliforms and *E. coli* based on the production of gas from lactose in liquid media and estimation of most probable numbers using the statistical approach initially suggested by McCrady [14]. In Russia and Germany, however, workers attempted to culture bacteria on membrane filters, and by 1943 Mueller in Germany were using membrane filters in conjunction with Endo-broth for the analysis of potable waters for coliforms. By the 1950s membrane filtration was a practical alternative to the MPN approach, although the inability to demonstrate gas production with membranes was considered a major drawback [15].

The arbitrary definitions adopted for *E. coli* and the related coliforms were all based upon cultural characteristics, including the ability to produce gas from lactose fermentation [16]. Hence, the thermotolerant coliforms include strains of the genera *Klebsiella* and *Escherichia* [17], as well as certain *Enterobacter* and *Citrobacter* strains able to grow under the conditions defined for thermotolerant coliforms [18,19].

Processes for removal of microbes from water include pretreatment; coagulation, flocculation and sedimentation; and filtration. Pretreatment can broadly be defined as any process to modify microbial water quality before, or at the entry to, the treatment plant. Pretreatment processes include application of roughing filters, microstrainers, off-stream storage and bank infiltration, each with a particular

function and water quality benefit. Applications of these pretreatment processes include removal of algal cells, high levels of turbidity, viruses and protozoan cysts.

Processes for removal of microbes from water include pretreatment; coagulation, flocculation and sedimentation; and filtration. Pretreatment can broadly be defined as any process to modify microbial water quality before, or at the entry to, the treatment plant. Pretreatment processes include application of roughing filters [20], microstrainers [21], off-stream storage and bank infiltration [22], each with a particular function and water quality benefit. Applications of these pretreatment processes include removal of algal cells, high levels of turbidity, viruses and protozoan cysts.

For conventional treatment processes, chemical coagulation is critical for effective removal of microbial pathogens. Together, coagulation, flocculation and sedimentation can result in 1–2 log removals of bacteria, viruses and protozoa [23]. For waters with high levels of algae, care must be taken to remove these organisms without disrupting the cells, which may release liver or nerve toxins [24]. High-rate clarification using solids contact clarification, ballasted-floc, or contact clarification systems can be as, or more, effective than conventional basins for removal of microbes. Dissolved air flotation can be particularly effective for removal of algal cells and *Cryptosporidium* oocysts [25]. Lime softening can provide good microbial treatment through a combination of inactivation by high pH and removal by sedimentation [26].

Granular media filtration is widely used in drinking-water treatment. It removes microbes through a combination of physical–hydrodynamic properties and surface and solution chemistry. Under optimal conditions, the combination of coagulation, flocculation, sedimentation and granular media filtration can result in 4-log or better removal of protozoan pathogens [27]. However, without proper chemical pretreatment, this type of rapid rate filtration works as a simple strainer and is not an effective barrier to microbial pathogens [28]. Slow sand filtration works through a combination of biological and physical–chemical interactions. The biological layer of the filter, termed *schmutzdecke*, is important for effective removal of microbial

pathogens [29]. Precoat filtration was initially developed as a portable unit to remove *Entamoeba histolytica*, a protozoan parasite [30]. In this process, water is forced under pressure or by vacuum through a uniformly thin layer of filtering material, typically diatomaceous earth. As with granular media filtration, proper chemical conditioning of the water improves the treatment efficiency of precoat filtration [31]. In contrast, membrane filtration removes microbial pathogens primarily by size exclusion (without the need for coagulation), and is effective in removing microbes larger than the membrane pore size [32].

Oxidants may be added to water for a variety of purposes, such as control of taste and odour compounds, removal of iron and manganese, control of zebra mussel and removal of particles. For microbial pathogens, application of strong oxidizing compounds such as chlorine, chlorine dioxide or ozone will act as disinfectants, inactivating microbial cells through a variety of chemical pathways [33]. Principal factors that influence inactivation efficiency of these agents are the disinfectant concentration, contact time, temperature and pH. In applying disinfectants, it is important to take into account data on CT (disinfectant concentration multiplied by the contact time) for the specific disinfectant [34]. Ultraviolet light (UV) inactivates microorganisms through reactions with microbial nucleic acids and is particularly effective for control of *Cryptosporidium* [35].

For control of microbes within the distribution system, disinfectants must interact with bacteria growing in pipeline biofilms or contaminating the system. The mechanism of disinfection within the distribution system differs from that of primary treatment [36]. Factors important in secondary disinfection include disinfectant stability and transport into biofilms, disinfectant type and residual, pipe material, corrosion and other engineering and operational parameters.

Performance models can help in understanding and predicting the effectiveness of granular media filtration processes for removal of particles and microbes. Similarly, equations can be useful in predicting microbial inactivation by disinfectants. It is also useful to consider variability in processes and in measurements to determine the overall effectiveness of treatment to control microbial

risk. At present, performance models cannot precisely define microbial treatment effectiveness. This leads the operator back to the monitoring and control of critical points within the treatment process. The combined effect of these control measures ensures that the microbial water quality of the treated water meets or surpasses risk goals for the potable water supply.

A water safety plan combines elements of a “hazard analysis and critical control point” approach, quality management and the “multiple barriers” principle, to provide a preventive management approach specifically developed for drinking-water supply. It can provide a framework for evaluating microbial control measures by helping to focus attention on process steps such as coagulation, filtration and disinfection, which are important for ensuring the microbial safety of water. Many current practices already employ some elements of a water safety plan, and this type of approach is likely to become more clearly defined in water treatment practices in the future.