

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

На правах рукописи

МУРАШЕВ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ И МЕТОДОВ
ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА МОРСКИХ
ОБЪЕКТАХ В АРКТИКЕ**

Специальность 05.23.04 – Водоснабжение, канализация, строительные системы
охраны водных ресурсов

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО СПбГАСУ
Ким Аркадий Николаевич

Санкт-Петербург 2017

Содержание

Введение	4
Глава 1 Основные принципы инновационного механизма создания и использования новых технических средств и методов очистки и обеззараживания сточных вод для морских объектов в Арктике	16
1.1 Современные технологии интеллектуальной деятельности по созданию новых технических средств и методов	16
1.1.1 Результаты интеллектуальной деятельности как индикатор новизны технических решений	18
1.1.2 Способы создания и разработки новых технических решений	20
1.2 Функциональная модель процесса обработки сточных вод на морских объектах в Арктике	23
1.3 Использование Международного патентного классификатора в качестве инструмента поиска новых средств и методов в области водопользования	33
Выводы по первой главе	41
Глава 2 Особенности водопользования на морских объектах в Арктике	43
2.1 Анализ существующих условий эксплуатации морских сооружений и методов очистки применяемых на судах	43
2.2 Анализ конструкций судовых установок очистки сточных вод	54
2.3 Конструктивные особенности береговых установок очистки сточных вод малой производительности	62
Выводы по второй главе	63
Глава 3 Создание систем обработки сточных вод на морских объектах в Арктике	67
3.1 Специальные технические условия на проектирование и строительство систем очистки, обеззараживания и утилизации сточных вод для морских объектов	67
3.2 Технологический расчет типоразмерного ряда установок очистки сточных вод для стационарных и морских объектов	86
3.2.1 Специфика очистки сточных вод на морских объектах	93
3.2.2 Описание опытного образца установки для очистки сточных вод	94
Выводы по третьей главе	98
Глава 4 Экспериментальные исследования и испытания установок очистки сточных вод и ее узлов	101
4.1 Исследование и подбор типа мембран для узла мембранной фильтрации установки очистки сточных вод	101
4.1.1 Объект исследований	106
4.1.2 Установка для проведения исследований	112
4.2 Исследование и испытания установок очистки сточных вод для морских объектов	114

4.2.1 Программы и методики исследований экспериментальных установок очистки сточных вод	117
4.2.2 Расчет блоков установки очистки сточных вод с МБР	123
4.2.3 Результаты испытаний	126
Выводы по четвертой главе	130
Глава 5 Перспективные направления дообработки воды для очистных сооружений малой производительности для морских сооружений	132
5.1 Исследование возможности использования электроудержания как физического метода обеззараживания воды	132
5.1.1 Объект исследований	133
5.1.2 Установка для проведения исследований	133
5.1.3 Программы и методики лабораторных исследований	137
5.1.4 Результаты исследований	138
5.2 Перспективные направления для создания новых технических средств и методов дообработки воды для морских сооружений.	140
5.2.1 Объект исследований	145
5.2.2 Программа и методика испытаний	147
5.2.3 Результаты исследований	150
5.3 Технико-экономическое обоснование разработки систем очистки сточных вод для морских сооружений	153
Выводы по пятой главе	156
Заключение	158
Список использованных источников	162
Приложение А	177

Введение

Актуальность темы исследования

Развивающаяся хозяйственная деятельность в Арктике вызывает насущную необходимость организации на постоянной основе процессов очистки стоков на морских и прибрежных объектах. Эта необходимость связана с обеспечением экологической безопасности при подледном распространении загрязняющих веществ, в том числе образующихся в результате жизнедеятельности персонала буровых вышек и погрузочных терминалов. Структура нижней границы морского арктического льда (особенно многолетнего), имеющего фрактальный характер, создает предпосылки сохранения загрязнения подледного пространства в течении нескольких лет. В СССР, начиная с 1940-х годов, накоплен большой опыт проектирования, строительства и эксплуатации шельфовых месторождений нефти в Каспийском море, в исследовательских целях была спроектирована и построена ледостойкая платформа в Азовском море. Опыт эксплуатации морских буровых вышек и обитаемых разгрузочных терминалов (морских объектов) показал необходимость создания адекватных гидрометеорологическим условиям систем предотвращения загрязнения водных ресурсов Арктики, т.к. известные судовые системы очистки сточных вод не отвечают условиям эксплуатации на подобных объектах.

Двадцатилетний опыт реформирования отечественной экономики, связанный с переводом ее на путь инновационного развития, позволил выявить особенности управления инновационными отраслями или их секторами, связанными с необходимостью учета одновременно экономических, технических и инновационных факторов развития. Совпавшее с данным этапом активизация эксплуатации недр арктического шельфа и освоение территорий архипелагов и островов Северного Ледовитого океана, а также осознание роли высокотехнологичных технических решений как основного инструмента инновационных преобразований экосистем *породили новую, неприсущую ранее рассматриваемой отрасли проблему* создания систем водоотведения для морских

оффшорных объектов Арктики. Под оффшорными понимается группа морских сооружений, обеспечивающих бурение, добычу, переработку, хранение и отгрузку углеводородного сырья для транспортировки его танкерами и газовозами к рынкам сбыта или для последующей их переработки на берегу.

При этом основное внимание, уделяется нефтегазодобывающим платформам и (морским отгрузочным) терминалам как объектам, по проектированию, строительству и эксплуатации которых, особенно, в арктических и северных морях отечественными организациями еще не накоплен достаточный опыт.

Проблема создания новых систем водоотведения, отвечающих условиям эксплуатации для оффшорных объектов Арктики является отражением комплексного противоречия, лежащего в его основе, связанного, во-первых, с необходимостью поиска технических конструкций и методов в области водоочистки, которые могли бы быть применимы по своему назначению в условиях Арктики, включая определение технических условий их эксплуатации, и разработки специальных технических требований к системам водоотведения в условиях Арктики. Во-вторых, оно связано с поиском новых методов изобретательской деятельности и повышения общего уровня научного и инженерно-технического результата до результата, способного к правовой охране в качестве результата интеллектуальной деятельности, и в-третьих, с необходимостью созданию новых технических конструкций и методов в практической деятельности при исследованиях и разработках. Способность технических результатов интеллектуальной деятельности выступать в качестве наиболее ценного результата НИОКР и самостоятельного ресурса производства и эксплуатации, формировать высокую долю добавленной стоимости, как при производстве технических средств в области водоочистки, так и при оказании услуг в данной сфере, выдвигает дополнительные требования к конечным результатам исследований и разработок. Это связано и с тем, что использование значительного количества изобретений, содержащихся в научно-технической и патентной информации позволяет существенно сокращать длительность этапов

НИР и ОКР, так как удлинение этапов исследований приводит к преждевременному моральному старению осваиваемой в промышленности новой техники.

Для снятия указанных противоречий необходимо одновременно решить ряд задач, основанных на использовании теории изобретательской деятельности вообще и, в частности, в области инженерных решений систем водного хозяйства применительно к области техники для морских оффшорных объектов.

Необходимость совершенствования процессов водоочистки с необходимостью снятия всех трех указанных выше противоречий определили актуальность выполнения настоящего диссертационного исследования, направленного на совершенствование технических конструкций и методов очистки и обеззараживания сточных вод на объектах оффшорной инфраструктуры, размещаемых в Арктике с использованием специальных методов создания новых технических решений.

Противоречие первого рода связаны с несовместимостью использования в новых условиях существующих традиционных или усовершенствованных конструкций и методов водоочистки, не отвечающих всем необходимым требованиям, а также невозможность применения уже существующих технических норм и условий при разработке и проектировании подобных объектов в условиях Арктики.

Противоречие второго рода связано с несовместимостью использования устаревших систем создания (разработки) технических конструкций и методов, не гарантирующих получение результатов, способных к правовой охране в качестве результатов интеллектуальной деятельности.

Противоречие третьего рода связано с несовместимостью использования существующей инфраструктуры исследований и разработок для создания технических конструкций и методов в области очистки и обеззараживания сточных вод для оффшорных объектов в условиях Арктики.

В диссертации рассмотрен метод изучения эволюционных технических систем очистки и обеззараживания сточных вод для оффшорных арктических

объектов, которые создаются инновационным способом. Практическая реализация теоретических результатов изучения различных эволюционных технических систем в конкретной области науки и техники достаточно сложна [16,119]. На описательном уровне под развивающейся эволюционной технической системой можно понимать систему, для которой характерны изменения, протекающие в ней с течением времени. Такие системы возникают тогда, когда ход процесса определяется не только состоянием системы в данный момент, но также и предысторией и прогнозом происходящих в них процессов. Например, для систем биологической очистки сточных вод эволюционное развитие обусловлено конечным ресурсом активного вещества (биологически активного ила).

В диссертации рассмотрены некоторые случаи указанных систем, которые объединяются по признаку наличием ряда общих черт и общего взгляда на построение решений как традиционными методами, так и оригинальными, предложенными автором. Эти новые методы базируются на некотором свойстве технических систем. На его основе можно создавать новые технические решения, способные к правовой охране.

В настоящее время общепризнанным является тот факт, что без применения математических методов исследования и последующего вычислительного эксперимента, практически невозможно провести исчерпывающее исследование и расчет сложного процесса. Ряд важных свойств можно понять, если разбить исходную задачу на более простые блоки или модули. Модульный анализ задачи и предварительное изучение свойств отдельных модулей требует развития качественных и аналитических методов исследования задач [17, 110]. Однако трудностью применения математического аппарата моделирования при изучении процессов обработки воды связана с трудностью формализации биологических и химических процессов.

Объектом исследования являются инновационные конструкции и методы в области очистки производственных и бытовых сточных вод, а предметом

исследования – влияние окружающих условий на технологии очистки сточных вод и технические средства для их реализации на оффшорных объектах Арктики.

Целью работы является снижение негативного влияния на окружающую среду Арктики путем разработки инновационных технических конструкций, методов очистки и методов обеззараживания сточных вод на морских объектах, на примере совершенствования технологии биологической очистки с биомембранной фильтрацией и обеззараживания сточных вод для сооружений малой производительности.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- разработать основные требования к системам очистки сточных вод для морских объектов в Арктике и определить типоразмерный ряд установок очистки сточных вод для них;

- разработать оптимальную технологическую схему для установки очистки сточных вод для морских объектов в Арктике с применением метода создания новых технических решений на основе использования структуры международной патентной классификации;

- разработать опытно-промышленный образец компактной автоматизированной безреагентной установки глубокой биологической очистки сточных вод с узлом микрофильтрации для морских объектов в Арктике (на примере нефтегазодобывающих платформ);

- провести испытания опытного образца установки по технологии глубокой биологической очистки сточных вод с анаэробно-аноксидно-оксидной обработкой с отстойником-ферментатором, мембранно-биологическим реактором и биологическим (безреагентным) удалением фосфора;

- исследовать возможность использования полей токов высокой частоты для совершенствования методов УФ обеззараживания сточных вод и разработать варианты узлов обеззараживания для установки очистки сточных вод для морских объектов;

- исследовать возможность усовершенствования метода электроочистки сточных вод с использованием низкого напряжения и определить возможность использования метода на морских объектах.

Степень разработанности темы исследования. Проблеме очистки сточных вод на морских и береговых объектах в Арктике уделено недостаточно внимания в силу недавнего ее возникновения. При ее решении, как правило, применяется физико-механические и микробиологические методы очистки.

Опыт типизации установок очистки и обеззараживания сточных вод для оффшорных объектов практически отсутствует. Законодательная база слабо проработана, в различных нормативных документах существуют различные требования по номенклатуре и параметрам, которые требуют согласования между собой.

В качестве перспективных можно отметить мембранные технологии, и методы электроудержания на зернистых загрузках с использованием электропитания низкого напряжения, методы ультрафиолетового облучения с использованием токов высокой частоты.

Из имеющихся работ по этой тематике диссертации следует отметить труды М.И. Алексеева, С.Г. Амеличкина, В.М. Воробейчикова, А.С. Гордиенко, О.Г. Гавриша, П.И. Гвоздяка, Е.А. Горбачева, М.Г. Журба, А.Н. Ким, А.В. Киристаева, В.А. Колесникова, Б.Г. Мишукова, К.М. Морозова, И.А. Нечаева, Л.В. Пучкова, В.И. Решняк, Н.С. Серпокрылова, М.А. Сомова, С.В. Степанова, В.В. Степанова, Н.В. Седых, Ю.А. Феофанова, Л.И. Цветковой, Т.П. Чеховской, В.Н. Швецова, С.В. Яковлева, и других отечественных ученых.

Научная новизна результатов диссертации заключается в следующем:

1) Впервые разработаны и обоснованы основные требования к судовым системам очистки сточных вод и к системам очистки сточных вод для морских объектов в Арктике, а также определен оптимальный по производительности типоразмерный ряд установок очистки сточных вод для судов и морских

стационарных сооружений. Новые требования, отличаются тем, что вводится ограничение по габаритам установок.

2) Впервые предложена оптимальная технологическая схема для установки очистки сточных вод для морских объектов в Арктике, разработанная с применением метода создания новых технических решений на основе использования структуры международной патентной классификации. Предложена технология с анаэробно-аноксидно-оксидной обработкой сточных вод, с отстойником-ферментатором и мембранно-биологическим реактором. Новизна заключается в том, что примененный метод позволил разработать оптимальную технологическую схему глубокой биологической очистки сточных вод с биомембранной фильтрацией для компактных установок очистки сточных вод на морских объектах и судах, с учетом разработанных требований. Применение метода позволило создать, описанные в настоящем диссертационном исследовании 11 изобретений и полезных моделей.

3) Разработана методика для расчета типоразмерного ряда установок с анаэробно-аноксидно-оксидной обработкой сточных вод, с отстойником-ферментатором и мембранно-биологическим реактором. Новизна состоит в том, что предложен расчет очистного комплекса биологических блоков с блоком биомембранной фильтрации.

4) Теоретически обоснован, разработан и испытан опытно-промышленный образец установки глубокой биологической очистки сточных вод с мембранно-биологическим реактором для морских объектов и для судов. Новым является то, что установка позволяет достигать требуемых показателей по биогенным элементам без применения в технологическом процессе химических реагентов. Новизна и изобретательский уровень подтверждены патентом на изобретение RU2537611, дата публикации 20.03.2014, Бюл. № 8, 10.01.2015, Бюл. № 1 «Установка очистки хозяйственно-бытовых сточных вод»;

5) Предложены и экспериментально проверены новые технические решения для систем обеззараживания сточных вод:

-усовершенствованный метод УФ обеззараживания сточных вод с использованием индуктивного поля токов высокой частоты. Новым является конструкция источника УФ излучения, позволяющая использовать инертный газ в качестве наполнения, а также отказаться от использования газоразрядных электродов, что по сравнению с известными системами УФ обеззараживания значительно повышает надежность и экологическую безопасность подобных систем. Новизна подтверждена патентом на полезную модель RU119736, «Устройство для обеззараживания водных сред», опубликован 05.03.2012, Бюл. № 24;

- усовершенствованный метод электроочистки и обеззараживания зернистой загрузки с использованием низкого напряжения. Новизна заключается в том, что применение покрытия на гранулы загрузки из сополимер стирола с дивенилбензолом позволило улучшить на 30% восстановительную способность загрузки. Новизна и изобретательский уровень подтверждены патентом на изобретение RU2603372, дата публикации 27.11.2016, Бюл. №33 «Способ электроочистки и обеззараживания загрязненных жидкостей»;

- усовершенствованный метод термической регенерации угольных загрузок с использованием токов высокой чистоты. Новизна заключается в том, что метод позволяет производить регенерацию угольных загрузок без их извлечения из фильтра. Новизна и изобретательский уровень подтверждены патентами на изобретения RU2467955, «Устройство для обработки жидкости», опубликован 27.11.2012 Бюл. № 33, RU2499770, «Фильтр для очистки воды на основе активированного угля и способ его регенерации», опубликован 10.04.2013 Бюл. № 10, 27.11.2013 Бюл. № 33.

Теоретическая и практическая значимость работы диссертационного исследования заключается в том, что доказана эффективность применения систем биологической очистки сточных вод на морских судах и морских объектах. В работе впервые изучен вопрос использования технологии мембранно-биологической очистки в сочетании с глубокой биологической очисткой по

трехзонной схеме анаэробно-аноксидно-оксидной обработке с учетом условий эксплуатации на морских объектах. Предложена методика для расчета типоразмерного ряда установок с анаэробно-аноксидно-оксидной обработкой сточных вод, с отстойником-ферментатором и мембранно-биологическим реактором. Показано, что наиболее эффективно мембраны используются в комбинации с биологическими методами очистки. Доказана возможность использования полуволоконных мембран на судах и оффшорных объектах в условиях, требующих консервации очистных сооружений и при отрицательных температурах. Доказана эффективность применения метода обеззараживания сточных вод путем ее облучения с помощью бесконтактных источников генерации УФИ и электросорбционных устройств. Предложен и апробирован метод создания указанных выше новых технических решений в области очистки и обеззараживания сточных вод на основе закономерностей международной патентной классификации (МПК).

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что полученные результаты могут использоваться при разработке и совершенствовании технологий и проектировании технических средств, повышающих эффективность очистки и обеззараживания хозяйственно-бытовых сточных вод на различных объектах малой производительности. Разработаны требования и рекомендации для проектирования и специальные технические условия на типовой ряд очистных сооружений для морских объектов, предложены варианты отдельных узлов очистных установок (узел биологической очистки, узел микрофильтрации, узлы обеззараживания (варианты)).

Методология и методы исследования включали аналитическое обобщение известных научных и технических результатов, применение функционального моделирования [7], методов создания новых технических решений, лабораторные и опытно-промышленные исследования по стандартным методикам. Достоверность полученных данных подтверждается длительностью и большим

объемом экспериментов, проведенных на реальных сточных водах в полупромышленных условиях с применением стандартизированных методик измерения и анализа данных в аккредитованных лабораториях.

Теоретической базой служили труды специалистов В.Н. Швецова, Н.С. Серпокрылова, В.М. Воробейчикова, Б.Г. Мишукова, К.М. Морозова, И.А. Нечаева, А.В. Киристаева, Т.П. Чеховской, П.И. Гвоздяка, А.С. Гордиенко, О.Г. Гавриша, Л.В. Пучкова, Н.В. Седых, С.В. Яковлева, М.А. Сомова, В.А. Колесникова, М.Г. Журба, Е.А. Горбачева, С.Г. Амеличкина, В.И. Решняк и других отечественных ученых.

Положения, выносимые на защиту:

- основные требования к судовым системам очистки сточных вод и системам очистки сточных вод для морских объектов в Арктике;
- технологическая схема установки очистки сточных вод для морских объектов в Арктике, разработанная с использованием метода создания новых технических решений в области очистки и обеззараживания сточных вод на основе использования структуры международной патентной классификации;
- методика для расчета типоразмерного ряда установок с анаэробно-аноксидно-оксидной обработкой сточных вод, с отстойником-ферментатором и мембранно-биологическим реактором;
- опытно-промышленный образец установки глубокой биологической очистки сточных вод с мембранно-биологическим реактором для морских объектов и для судов;
- усовершенствованный метод УФ обеззараживания сточных вод с использованием индуктивного поля токов высокой частоты;
- усовершенствованный метод электроочистки и обеззараживания зернистой загрузки с использованием низкого напряжения.

Степень достоверности и апробации результатов. Научные выводы работы основаны на результатах теоретических и экспериментальных лабораторных и полупроизводственных условиях на современном экспериментальном оборудовании, с использованием в эксперименте полноразмерных модулей. Достоверность результатов обеспечена контролем измерений и использованием стандартных методик. Основные результаты работы были доложены на: заседаниях секции «Экология и безопасность в судостроении» Российского научно-технического общества судостроителей им. Акад. А.Н. Крылова (СПб, 22 декабря 2015, 22 мая 2013, 01 декабря 2016), где рекомендованы к использованию в судостроительной промышленности; международном форуме «Экология большого города», «Инновационные экологические технологии и оборудование, решение проблемы загрязнения Балтийского моря путём применения установок для судовых систем очистки сточных вод», Санкт-Петербург 20-22 марта 2013 г.; XV международном экологическом форуме «День Балтийского моря» Решение проблемы глубокой очистки сточных вод малых населенных пунктов и коттеджных поселков на основе применения мембранных технологий, Санкт-Петербург, 19-21 марта 2014 г.; международной конференции «Инновационные системы отведения и очистки поверхностного стока с урбанизированных территорий» использование мембранных технологий, Петрозаводск 13 ноября 2014 г.

Проведены опытно-промышленные испытания опытно-промышленного образца установки с использованием предложенной технологии на ССА ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Результаты работ могут быть использованным для очистки сточных вод малых населенных пунктов в условиях крайнего севера.

Результаты работ использованы в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» для разработки и принятия решений по реконструкции канализационных очистных сооружений пос. Молодежный, разработке и опытно-промышленных испытаний на Северной станции аэрации установки очистки сточных вод малой производительности.

Результаты диссертационного исследования соответствуют паспорту научной специальности 05.23.04 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов, а именно п.3 «Методы очистки природных и сточных вод, технологические схемы и конструкции используемых сооружений, установок, аппаратов и механизмов», п.5 «Методы обеззараживания и кондиционирования природных и сточных вод, обеспечивающие санитарно-гигиенические, токсикологические и эпидемиологические требования, технологические схемы и конструкции используемых сооружений, установок и аппаратов».

Глава 1 Основные принципы инновационного механизма создания и использования новых технических средств и методов очистки и обеззараживания сточных вод для морских объектов в Арктике

1.1 Современные технологии интеллектуальной деятельности по созданию новых технических средств и методов

Современная практическая деятельность в области исследований и разработок в любой отрасли базируется на концепции традиционной технологии, основанной на использовании системы разработки и постановки продукции на производство (РСПП) [27], которая формализует только организационную сторону процесса разработки.

В настоящее время на смену данной концепции приходит инновационная концепция комплексного учета условий для выбора решений как в технических и технологических, так и в юридических, экономических и социальных аспектах. Накопленный научный и опытный потенциал позволяет перейти в этой области от теоретических исследований к разработке практических рекомендаций, позволяющих давать оптимальные технические, технологические, и инвестиционные решения.

Прежде всего, это относится к методам создания новых технических и технологических решений – результатам интеллектуальной деятельности (РИД). Сравнительный анализ четырех наиболее распространенных методов (мозговой штурм [29], морфологический анализ и синтез [46,47,48,49], АРИЗ [8,9], ТРИЗ [10,20,] и краудсорсинг [118]) показал, что серьезным препятствием для распространения ареала их использования в отрасли водопроводно-канализационного хозяйства является неудовлетворительный организационный уровень их применения на предприятиях.

Метод мозгового штурма обладает высокой эффективностью, легко осваивается, достаточно универсален, имеет широкую область возможного применения. Недостатками метода являются трудность использования при

решении узкоспециализированных задач, поскольку количество участников, обладающих глубокими профессиональными теоретическими и практическими знаниями на предприятии и способных быть экспертами, ограничено и недостаточно для формирования группы.

Морфологический анализ и синтез, заключается в использовании систематизированного исследования возможных способов решения технической задачи посредством составления морфологической таблицы и позволяет получить исчерпывающее количество вариантов реализации объекта в сжатой (компактной) форме. Его недостатком является отсутствие системы отбора эффективных решений, поскольку число анализируемых вариантов может достигать невообразимых значений.

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) основан на четкой последовательности действий при поиске новых технических решений. В основе метода лежит идея об использовании для решения творческих задач определенный набор операций (шагов) и систему правил, примечаний и таблиц, облегчающих и уточняющих выполнение шагов. Метод используется для решения нестандартных задач и имеет заданную последовательность процедур и приемов для достижения (решения) поставленной задачи. Недостатком метода является повышенный уровень сложности.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) использует набор правил синтеза и преобразования технических систем (стандарты), непосредственно вытекающих из развития этих систем. Идея метода заключается в использовании сочетания приемов и физических эффектов, объединенных в стандарты для решения основной массы стандартных изобретательских задач. Недостатком метода является отсутствие в явном виде фундаментальных для ТРИЗ механизмов формулирования идеального конечного результата, а также не явность связи многих стандартов с идеальным конечным результатом, а также ограниченный круг лиц, владеющий данным методом.

Метод краудсорсинга технологий и практических решений в настоящее время находится в стадии разработки и апробации [95]. Однако, можно отметить,

что при его реализации может быть потеряна возможность получения наилучшего охраноспособного решения.

Анализ сущностного содержания указанных креативных способов показал, что их основным недостатком является отсутствие процедуры однозначного определения наступления ожидаемого события. Перспективным путем устранения указанного недостатка, характерного, в частности для процедуры постановки продукции на производство, является *реализация концепции создания внешней технологической поддержки*. Ее основу могут составлять любая организационная структура, которая выполняет функции координатора и головного исполнителя в части создания конечного технического результата интеллектуальной деятельности (РИД).

1.1.1 Результаты интеллектуальной деятельности, как индикатор новизны технических решений

Существует ряд способов и методик определения новизны технического решения [1,3,4,5,50,91]. Все они основаны на эмпирических зависимостях различных параметров технических средств и методов и для вычленения из общих зависимостей отраслевых особенностей требуют привлечение экспертов – специалистов, компетентность которых относится к той же предметной области, что и оцениваемая технология.

Недостатком экспертных методов является необходимость привлечения экспертов и однозначного определения момента наступления события (в данном случае – нахождение наилучшей экспертной оценки). В этом случае методика аналогична мозговому штурму и повторяет все его недостатки.

По определению Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) инновации являются причиной существования интеллектуальной собственности, которая служит стимулом для значительных затрат усилий, времени, людских и финансовых ресурсов в связи с инновационным процессом и сопряженными с ним многочисленными преимуществами [97].

В процессе разработки продукции создаются технические решения по совершенствованию устройств, способов и веществ, которые по форме правовой охраны могут быть отнесены к таким видам объектов промышленной собственности как изобретения и полезная модель. В соответствии с нормами действующего законодательства их основными совпадающими признаками являются неизвестность и новизна [115].

Новизна всегда связывалась с увеличением технических возможностей устройства или способа и считалась характеристикой патентоспособного изобретения в европейском, российском, английском и американском законодательстве [98,71].

Единой для всех стран официальной оценки новизны не существует, однако критерием отнесения к новизне технического решения является неизвестность из уровня техники. Здесь под «техническим» понимается юридическое понимание термина – отнесение к применению нового знания. Международное патентное законодательство определило для изобретений самый строгий экстерриториальный критерий новизны – «абсолютную мировую новизну», когда принимается во внимание известность аналогичного решения в любой стране мира. Для полезных моделей применяется критерий локальной новизны, который действует только на территории отдельного государства. К источникам, которые порочат новизну технических решений, относятся публикации, заявки на патенты, открытое применение изобретения в любой стране, устное разглашение сущности изобретения. Критерии новизны может быть использован только с определенной даты - даты регистрации подаваемой заявки. Исключение, вероятно, составляют США, где патент может быть выдан тому, кто сможет доказать, что данное изобретение сделано им, а не тому, кто первый подал патентную заявку [125,99,73,92].

Когда сведения об уровне техники, необходимые для достижения результата - изобретения, могут быть получены из информации, полученной из нескольких источников, то речь идет не о новизне, а об «изобретательском уровне» изобретения [2].

Методику анализа новизны можно представить в виде алгоритма [72], представленного на рисунке 1.1.

Техническое решение удовлетворяет условию новизны, если в уровне техники не обнаружен аналог, совокупность признаков которого идентична всем признакам, содержащимся в независимом пункте предложенной заявителем формулы изобретения. Рассмотренные свойства признака «новизна» является правовым и процедурным индикатором изобретений и полезных моделей и являются свойством инновационного технического решения.

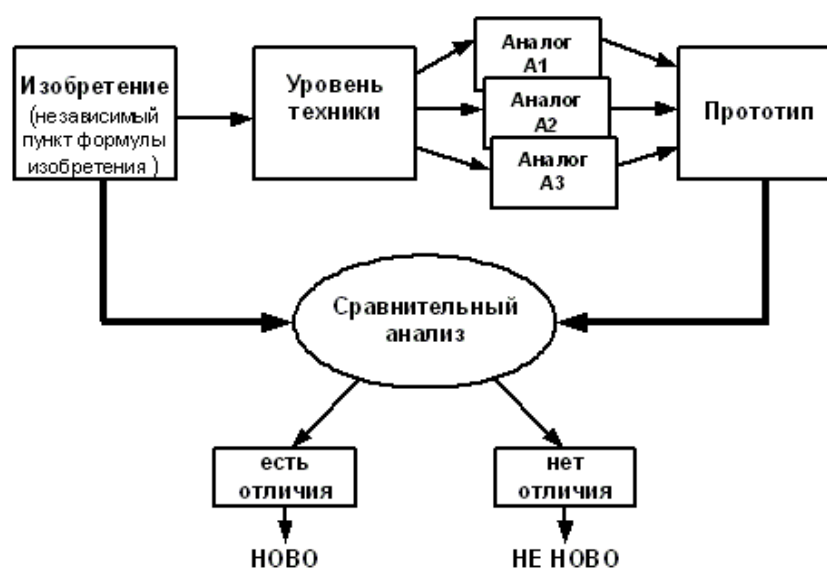


Рисунок 1.1 – Алгоритм анализа технического решения на новизну [72]

1.1.2 Способы создания и разработки новых технических решений

Как было указано выше, в настоящее время в Российской Федерации процесс разработки технических средств и методов в области водоочистки нормативно поддержан двумя технологиями.

Первая из них подразумевает реализацию системы разработки и постановки продукции на производство (СРПП) [27]. Положения стандартов СРПП применяются всеми расположенными на территории РФ субъектами хозяйственной деятельности независимо от форм собственности, имеющими прямое и (или) непосредственное отношение к разработке, производству (в том

числе ремонтному производству), эксплуатации (применению, хранению) продукции. Стандарт является основополагающим системообразующим государственным стандартом РФ по СРПП. Он устанавливает основные положения по разработке технического задания (ТЗ), конструкторской и технологической документации, приемке результатов разработки, подготовке и освоению производства, испытаниям опытных образцов продукции и продукции, изготовленной при освоении производства, а также по подтверждению их соответствия обязательным требованиям. Однако, для применения СРПП в области водоочистки, в частности для морских объектов требуется конкретизация норм, с учетом отраслевых особенностей.

На основе исходных требований разработчик продукции проводит необходимые научно-исследовательские, опытно-конструкторские и/или технологические работы (НИОКР). Данная технология реализуется как при выполнении работ собственными силами, так и при выполнении договора подряда.

Технология второго вида основана на применении аутсорсинга. Ее суть заключается в передаче на основе специального вида договора несвойственных предприятию функций профильным сторонним организациям.

В России первые примеры использования аутсорсинга (и публикации на эту тему в экономической профессиональной литературе) появились в конце 90-х годов XX столетия, поэтому проблемы использования аутсорсинга отечественными предприятиями слабо изучены и освещены. Тем не менее, значительный вклад в исследование теоретических положений и обобщения опыта использования аутсорсинга: Б. А. Аникин [12,13, 15], Г.Л. Азоев [6,7] , Е. Г. Гинзбург [23], С. О. Календжян [31], И. Л. Рудая [14] и др.

В настоящее время практически отсутствуют исследования, предметом которых является участие малых предприятий в качестве аутсорсеров для унитарных предприятий и государственных учреждений в части аутсорсинга разработки новых технологий с использованием результатов интеллектуальной

деятельности. Работа автора [44] является практически единственной публикацией исследований на данную тему.

В связи с тем, что НИОКР является начальной стадией процесса создания новой техники и составной частью жизненного цикла продукции, то основные качественные показатели будущей продукции (новые конструкции и методы) закладываются на начальных этапах жизненного цикла. Так сложилось, что большинство известных методик оценивает не непосредственно научно-техническую продукцию, а результат его использования. При таком подходе экономический эффект в большей мере зависит от самих условий использования, например от объемов реализации, не зависящих от разработчика [30].

С позиции производства основной эффект должен проявляться в результате применения новых знаний, так как в ином случае вся продукция НИОКР не имела бы экономического смысла. Однако этот эффект не является результатом лишь деятельности в области научных исследований и разработок, а по затратам труда для его реализации представляет собой совокупность затрат труда во всех сферах производства, следовательно проявление эффекта научно-исследовательского труда из состава общего эффекта можно рассматривать как конечный внешний эффект НИОКР. В связи с тем, что НИОКР – начальная стадия разработки новой техники, эффект от НИОКР – это потенциальный эффект, т.е. он содержит возможность достижения требуемого конечного эффекта. Внешний эффект НИОКР это также и формирование уровня техники, путем помещения новых знаний в базы научно-технической информации, включая патентные базы данных. Уровень техники влияет на общественное воспроизводство, уровень и качество теоретических и практических разработок в данной конкретной области техники.

На практике не все разработки напрямую доходят до стадии промышленного применения, это характерно для ранних стадий НИР, разработок Высших учебных заведений, организаций РАН использующихся в результатах последующих прикладных НИОКР. Оценка эффективности таких результатов может опираться на внутреннюю эффективность НИОКР, реализуемую в основном внутри локальных жизненных циклов продукции НИОКР и внешнюю

потенциальную эффективность, т.е. возможность достижения требуемого конечного эффекта. Изобретения, полезные модели, промышленные образцы, достигнутый уровень техники, все это показатели, которые достаточно точно могут характеризовать заключительный этап научных исследований и составляют суть внутреннего и внешнего потенциального эффекта.

Внутренняя эффективность таким образом может быть подвергнута учету, путем выявления и подсчета охраноспособных решений, учет внешней потенциальной эффективности может быть только спрогнозирован.

Влияние информационных ресурсов, включая патентные базы данных на всех этапах жизненного цикла новой техники огромно, а следовательно и велика роль, которая связана с использованием потенциального эффекта, содержащегося в научно-технической и классифицированной патентной информации.

Вывод: таким образом, можно утверждать, что в случае отсутствия охраноспособных решений в результатах НИОКР как внутренний так и внешний потенциальный эффекты от выполненных НИОКР будут стремиться к нулю, поэтому основным элементом инновационного механизма создания и использования новых технических конструкций и методов является механизмы создания и использования результатов интеллектуальной деятельности.

1.2 Функциональная модель процесса обработки сточных вод на морских объектах в Арктике

Как было отмечено выше, при создании новой техники, в современных условиях, основным результатом являются технические результаты интеллектуальной деятельности, использование которых позволяет повышать эффективность НИОКР. И наоборот, отсутствие указанных результатов может сделать выполнение НИОКР практически бесполезным.

Необходимость получения результатов НИОКР с учетом мирового уровня новизны, требует использования методов, позволяющих гарантированно получать результаты интеллектуальной деятельности. Как известно, любой технический

объект (система, устройство и т.п.) содержит множество технических решений. Для экономически эффективного использования результатов НИОКР не всем решениям необходима правовая охрана. Поэтому, целесообразно разработать модель процесса выявления действий, обеспечивающих использования полученных результатов интеллектуальной деятельности в качестве ресурсов производства.

Моделирование предметной области и ее анализ дает возможность формализовать описание событий создания и использования результатов интеллектуальной деятельности (РИД) и рассматривать только их сущностную, отраслевую сторону, а также дает возможность учесть установленную выше многоаспектность проблемы.

Выявление действий, отвечающих определенным требованиям (в нашем случае – требованию создания РИД) возможно путем исследования функциональной модели объекта. Такие модели предназначены для отображения информационных, физических, временных процессов, протекающих в структурированной системе или в ходе выполнения технологических процессов. Модель – это искусственный объект, представляющий собой отображение (образ) системы и ее компонентов когда М моделирует А, если отвечает на вопросы относительно А. Под системой будем представлять совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих частей, выполняющих некоторую полезную работу [96]. Необходимо также учитывать, что при реальном моделировании можно получить ответ только на поставленные вопросы, потому что построенная модель будет отображать структуру объекта с точки зрения выполняемых им функций, в нашем случае – связанных с действиями, которые и обеспечат наиболее оптимальное использование РИД.

Основной концептуальный принцип методологии функционального моделирования - представление любой системы в виде набора взаимодействующих и взаимосвязанных блоков, отображающих процессы, операции, действия, происходящие в изучаемой системе, в результате чего она представляет собой совокупность диаграмм, выполненных в определенной

нотации. Основными свойствами функциональной модели любой предметной области являются [24,38] формализованная форма представления, достаточная степень подробности результатов для планирования проекта и проектирования архитектуры системы, функциональная полнота (отражение всех функциональных и информационных элементов, а также их связей) и логическая целостность (отсутствие противоречий в системе понятий и их интерпретации, единство синтаксического и семантического содержания различных элементов модели, однородность уровня детализации и т.д.).

На сегодняшний день формальным приемом, позволяющим гарантировать достижения функциональной полноты является применение в качестве граничных условий модели «как есть» ограничений, заложенных в правовых нормах нормативно - правовых документов. Для разных предметных областей в настоящее время наработаны различные объемы нормативных документов [120].

Модель предметной области имеет две основные составляющие – функциональную и информационную, элементами которых служат процессы и структуры данных, соответственно. В качестве инструмента функционального моделирования и структурного анализа используется методология SADT (Structured Analysis & Design Technique - метод структурного анализа и проектирования в его модификации – IDEF0). Теоретический аппарат SADT к настоящему времени достаточно изучен и накоплен значительный опыт его практического применения.

Задачей анализа функциональной модели процесса обработки сточных вод, является выявление юридически значимых действий, обеспечивающих использования РИД в качестве ресурсов производства.

Основной концептуальный принцип IDEF0 - представление любой изучаемой системы в виде набора взаимодействующих и взаимосвязанных блоков, отображающих *процессы, операции и действия*, происходящие в изучаемой системе. Преобразованию в блоке могут подвергаться материальные (непрерывное или дискретное множество материальных объектов) и информационные (множество информационных объектов, распределенное во

времени) объекты, образующие три группы потоков: ограничительной информации; описательной информации; предписывающей (управляющей) информации.

Схематическое изображение связей преобразующего блока в соответствии с соглашениями системы IDEF0 показано на рисунке 1.2.

Практика построения функциональных моделей подразумевает классификацию явлений и событий с целью облегчения их построения и интерпретации (понимания), что облегчает обоснование выбора глубины декомпозиции моделируемых систем.

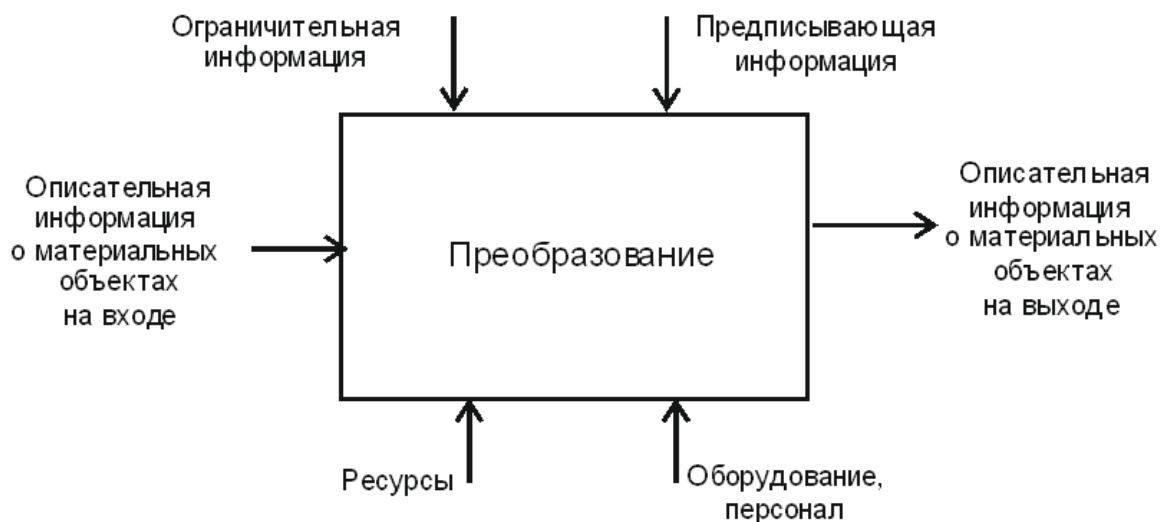


Рисунок 1.2 – Схематическое изображение связей преобразующего блока

Классификация делит все функции организационно-экономических и производственно-технических систем на четыре основных вида. Каждая рубрика в классификации представляет собой класс преобразующих блоков, экземпляры которого возникают и используются при моделировании конкретной системы. К основным видам функций относятся: деятельность, процесс, операция, действие [25].

В функциональной модели IDEF0 деятельность описывается блоком A0 на основной контекстной диаграмме A-0.

Процесс по организации создания средств и методов (с информационной точки зрения) отражена на диаграмме А1 (рисунок 1.3) и включает операции:

- выработку нормативных документов и тактико-технических требований к выполнению работ и оказанию услуг;
- разработку технических средств обработки сточных вод;
- изготовление указанных средств;
- разработку методов и способов очистки сточных вод.

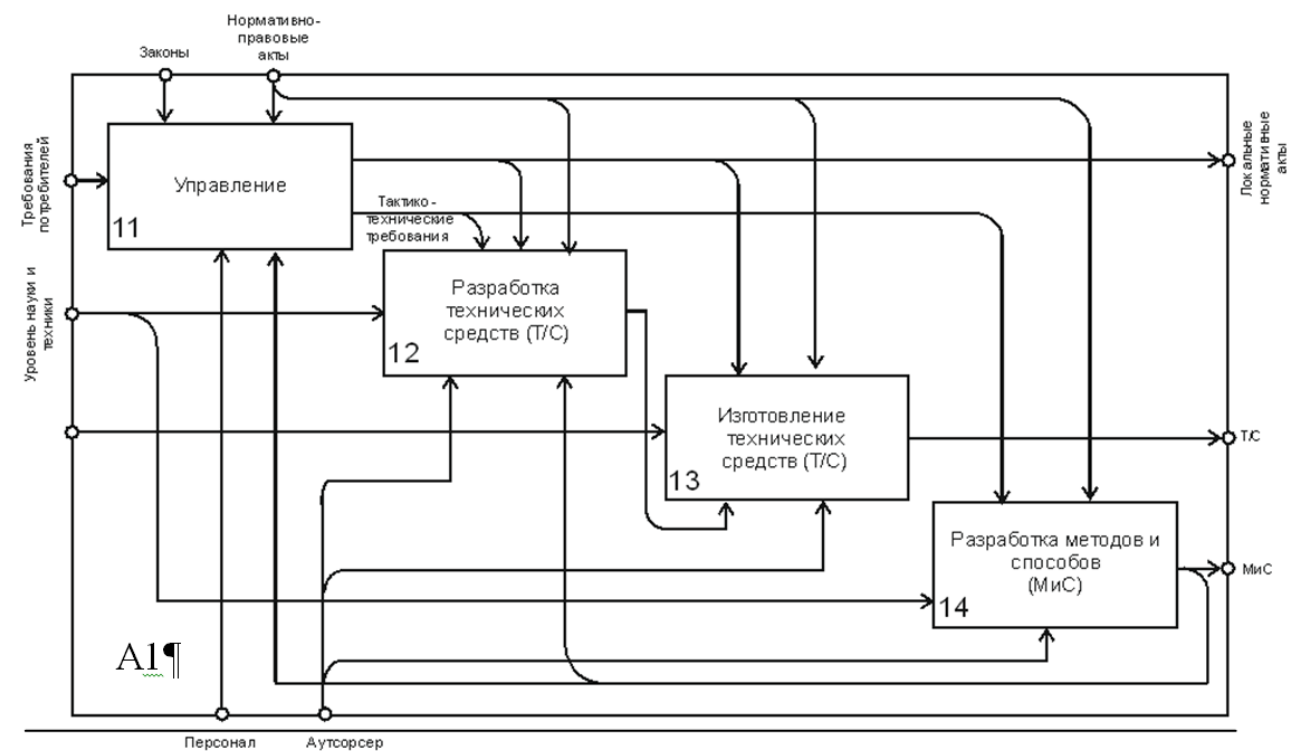


Рисунок 1.3 –Процесс по организации создания средств и методов

На дочерней диаграмме А 12 (рисунок 1.4) отображена структура функции «Разработать средства», которая состоит из следующих действий:

- выполнения научно-исследовательских работ;
- выполнения опытно-конструкторских работ (этапы эскизного, технического и рабочего проектирования).

В качестве входов модуля служит уровень науки и техники, который представляет собой любые сведения, ставшие доступными: опубликованные и неопубликованные издания, отчеты о НИР и ОКР, материалы диссертаций,

экспонаты, помещенные на выставках, устные доклады, лекции, выступления, сведения об открытом применении аналогичных решений и т. д., в том числе служебная, закрытая, секретная информация.

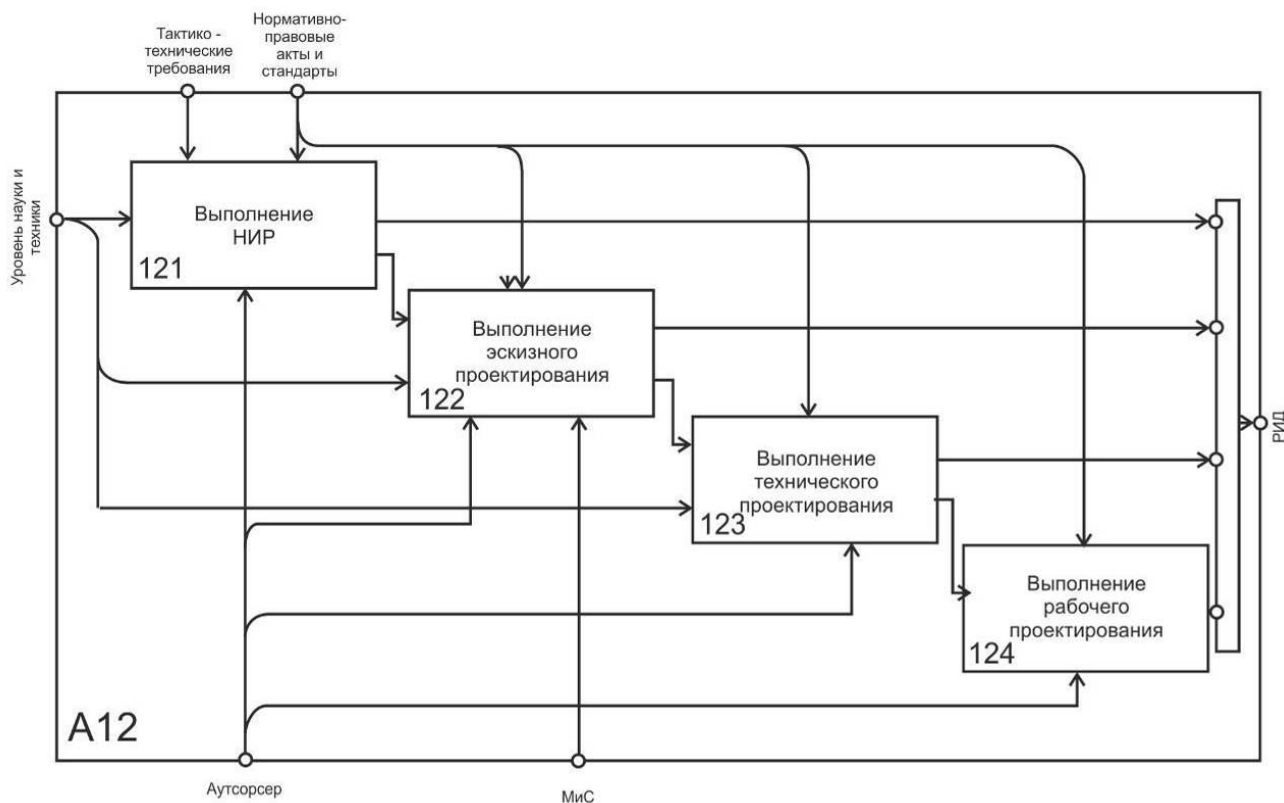


Рисунок 1.4 – Диаграмма функции «Разработать средства»

Тактико-технические требования формируют облик разрабатываемого средства, являются своеобразными начальными условиями для разработки, а нормативно - правовые акты и стандарты ЕСКД выполняют роль граничных условий.

Выходом рассматриваемого модуля являются результаты интеллектуальной деятельности (научная и научно-техническая продукция), используемые либо в качестве самостоятельной продукции, либо для производства оборудования.

Дочерняя диаграмма A13 (рисунок 1.5) отображает действия, осуществляемые при изготовлении технических средств.

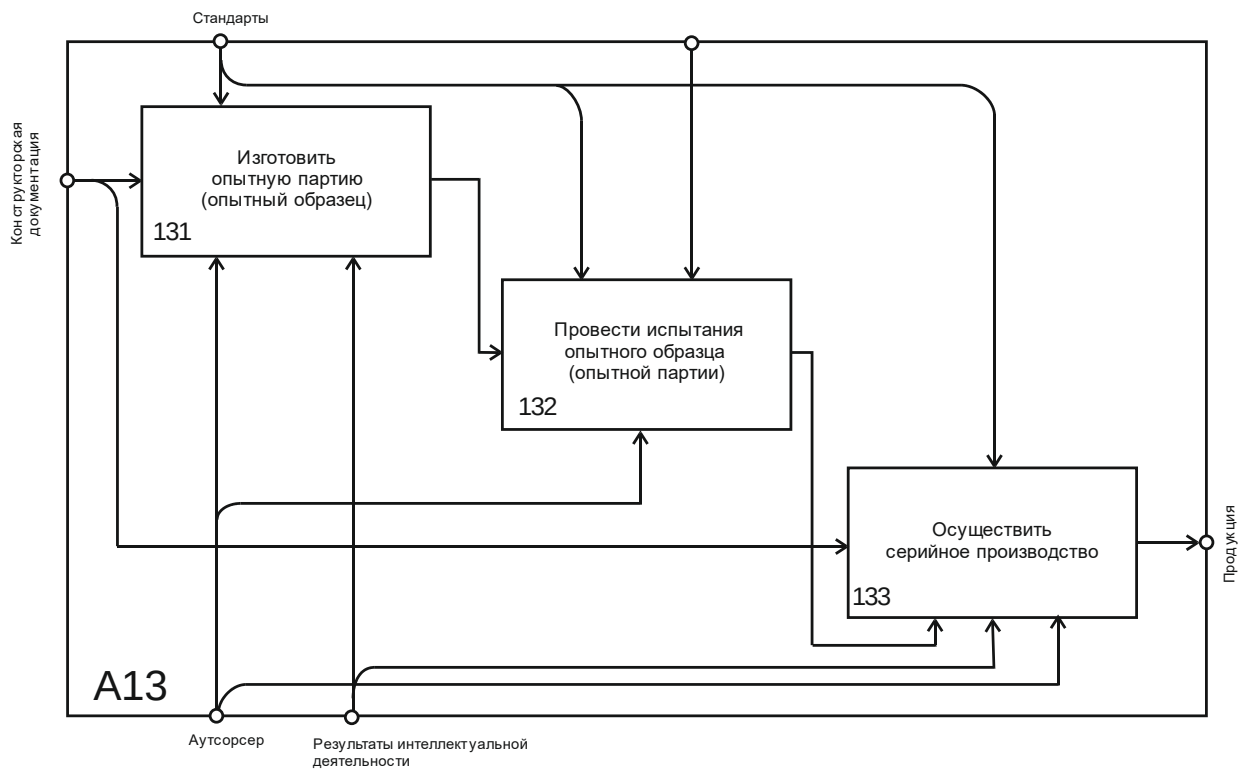


Рисунок 1.5 – Диаграмма функции «Изготовить технические средства»

Выходом (продукцией) являются изготовленные технические средства (конструкции, устройства).

На рисунке 1.6 приведена диаграмма, раскрывающая содержание операций по разработке методов и способов (как конкретной реализации метода), применяемых при технологическом производстве, выполнении измерений, наблюдений, а также диагностических и прогностических материалов. Как и при разработке средств, входом модуля является уровень науки и техники.

Как было отмечено выше, одним из концептуальных принципов функционального моделирования является «отделение «организации» от функций», однако, между иерархией функций (преобразований) и иерархией механизмов существует соответствие. Все функции, входящие в приведенную выше классификацию, находятся между собой в отношениях иерархической подчиненности по принципу «сверху вниз»: деятельность - субдеятельность - процесс - подпроцесс - операция - действие. Согласно методологии IDEF0 каждая функция выполняется посредством механизма. В большинстве систем,

анализируемых при помощи функциональных моделей такими механизмами служат организационно-технические структуры.

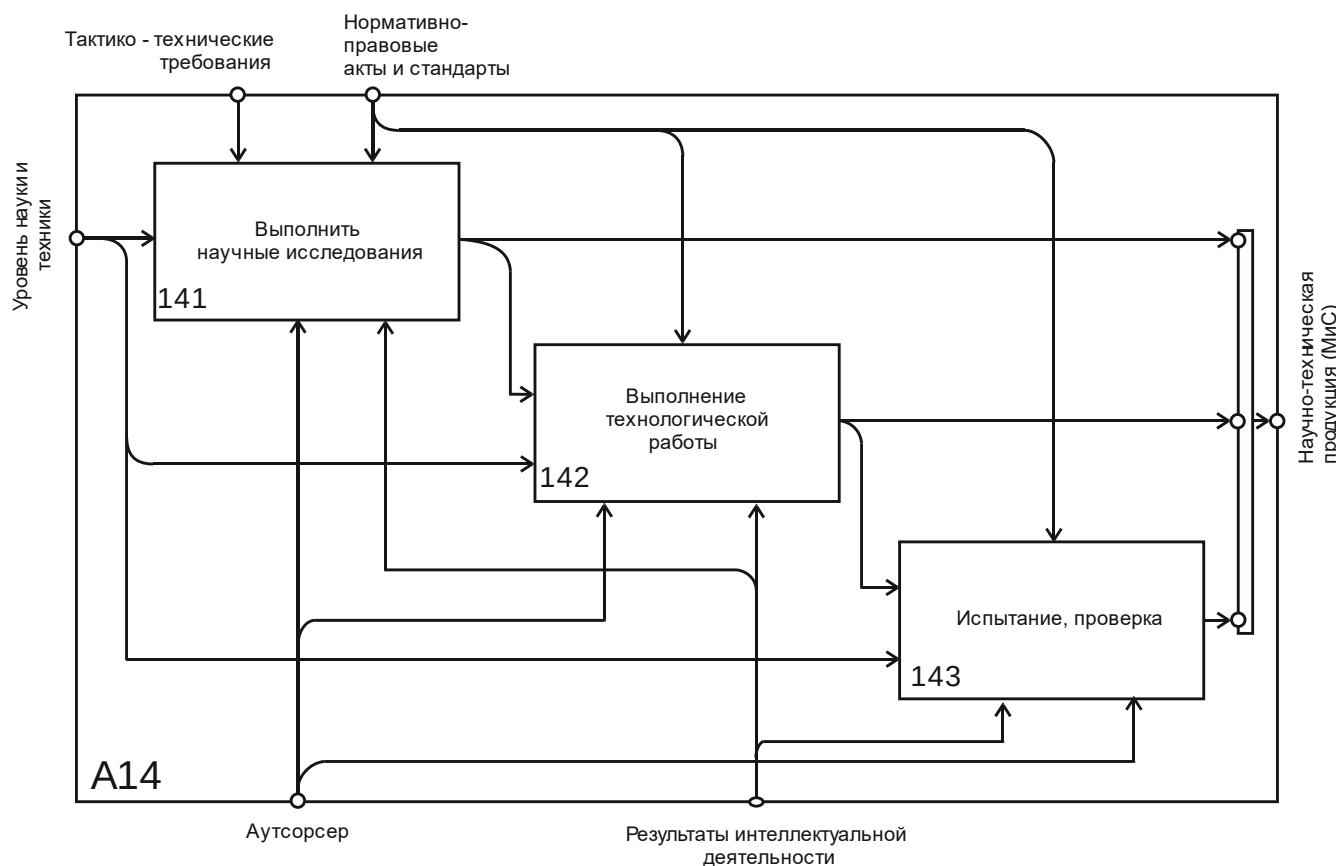


Рисунок 1.6 – Диаграмма процесс «Разработать методы и способы»

К нормативно-правовой базе регулирования деятельности относятся Конституция Российской Федерации, указанный ранее федеральный закон № 416-ФЗ, другие федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации в области водного законодательства и в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и законодательством о техническом регулировании. К другим законам, затрагивающим вопросы регулирования рассматриваемой деятельности относятся закон об охране окружающей среды: Федеральный закон «Об охране окружающей среды» [116] и Четвертая часть Гражданского кодекса РФ [117]. К ограничительным и предписывающим документам относятся также требования потребителей. Участниками деятельности являются обслуживающий персонал.



Глубина проработки модели может быть различна и зависеть от конкретной потребности и особенности отрасли. Там где РИД являются ресурсом для осуществления последующей операции (обозначаются входящей стрелкой снизу блока), возникает необходимость обеспечения правовой охраной таких результатов интеллектуальной деятельности. Далее необходимо соотнести каждому из них оптимальный вид правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, в зависимости от решаемых задач.

Критерием отнесения РИД к охраноспособным является творческий характер их создания а также наличие правоустанавливающих нормативов, правил составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патента на изобретение и полезную модель и рекомендациях по вопросам экспертизы заявок на изобретения и полезные модели.

Момент создания охраноспособного РИД можно определить, если имеются доступные сведения об уровне науки и техники не достаточные для выполнения задания, требующие восполнения недостающими знаниями, созданными творческим трудом и являющиеся самостоятельным объектом правовой охраны, которые могут быть выходом функционального блока.

Моментом использования РИД является факт использования охраноспособных решений в качестве ресурса производства деятельности, выполнения процесса, операции или действия. На диаграммах IDEFO эта связь выявляется при наличии условия «выход блока А» → «ресурс в блоке Б».

При установлении факта использования изобретения и полезной модели следует исходить из того, что изобретение считается использованным, если при изготовлении устройства, вещества или осуществлении способа использованы все признаки, перечисленные в обеих частях формулы изобретения [115].

Например, при выполнении НИР или проведении научных исследований выполняется комплекс теоретических и (или) экспериментальных исследований, проводимых с целью получения обоснованных исходных данных, изыскания принципов и путей создания (модернизации) продукции [26], поэтому при выполнении НИР могут быть созданы:

- научные открытия (явления, свойства, закономерности);
- объекты авторского права (произведения, отчеты по НИР);
- программы для ЭВМ и базы данных;
- изобретения (вещество, способы и устройства);
- полезные модели;
- ноу-хау.

При выполнении НИР могут быть использованы:

- научные открытия (явления, свойства, закономерности);
- объекты авторских прав (произведения, отчеты по НИР);
- программы для ЭВМ и базы данных;
- ноу-хау.

Далее на каждом этапе ОКР, могут создаваться и использоваться различные РИД.

При серийном производстве охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности не создаются.

При серийном производстве могут быть использованы:

- объекты авторских прав (методики, чертежи на оснастку);
- изобретения (вещество, устройства, способы);
- полезные модели;
- программы для ЭВМ и базы данных;
- ноу-хау.

1.3 Использование Международного патентного классификатора в качестве инструмента поиска новых средств и методов в области водопользования

Предлагается новый метод организации создания и разработки новых технических решений на основе анализа структуры международной патентной классификации (МПК). Метод инверсии международной патентной классификации. Указанная классификация вступила в силу 7 октября 1975 года в соответствии со Страсбургским соглашением и охватывает патенты на изобретения и полезные модели (далее – «патентные документы»). Последняя редакция была принята в феврале 2015 года.

Традиционное назначение МПК заключается в классификации известных опубликованных патентных документов с целью упрощения их поиска в патентных базах данных. Использование результатов анализа структуры МПК как таковой в качестве инструмента создания новых средств и методов в настоящее

время неизвестно. Предлагаемый метод позволяет сокращать сроки создания новых технических решений.

Традиционно, индексы МПК используются для идентификации технического решения и признания его патентоспособным. В основе данного действия лежит положение патентного правила, при котором новизна решения признается только в рамках заявленного класса МПК. Отсюда, в частности, становится понятным сущность так называемых изобретений «на применение», при котором признается изобретением использование известного технического решения не по его прямому назначению.

Классификация представляет собой инструмент для поиска патентных документов с целью установления новизны и оценки вклада автора и неочевидности заявленного технического решения. Важным назначением МПК является тот факт, что она считается основой для определения уровня техники в отдельных областях и для получения статистических данных в области промышленной собственности, что в свою очередь позволит определять уровень развития различных отраслей техники. Вне рамок патентного права данный подход предлагается использовать для выбора технических решений при определении вида конкретных решений исходя из поставленной задачи.

Процедуры метода заключается в том, что сначала разрабатывается функциональная модель системы очистки и обеззараживания сточных вод морских оффшорных объектов на основе анализа известных решений с учетом опыта эксплуатации. Пример построения функциональной модели рассмотрен в разделе 1.2. Опыт эксплуатации существующих систем исследован и изучен в последующих разделах настоящей главы. Затем выделяются те процессы, операции и действия, реализуемые в изучаемой модели, которые могут влиять на использование результатов интеллектуальной деятельности в качестве ресурса системы очистки и обеззараживания сточных вод. Их мы рассмотрим далее, для чего необходимо будет определить новые требования к разрабатываемым системам и произвести определение основного класса разрабатываемых систем по

МПК и поиск в основном классе технических решений по критерию наличия или отсутствия аналогов.

После этого выполняется отбор групп МПК вне основного класса по критерию наличия технических решений, совпадающих по функциональному назначению. В подгруппах указанных групп МПК производится отбор технических решений, дающих возможность достичь решения поставленной задачи с заданными техническими требованиями. Процедура заключается в том, что в МПК выделяется рассматриваемая предметная область (например, водоснабжение или водоотведение) и все используемые в ней технические приемы исключаются из дальнейшего рассмотрения. Это и есть момент «инверсии» – в стандартном применении было бы необходимо рассматривать технические решения *только* в данном классе МПК. Далее учитывается особенность необходимого устройства или способа. В нашем примере – это исключение использования на терминалах и буровых платформах химикатов для очистки и водоподготовки. Это означает, что из рассмотрения исключается раздел «химия». Все остальные классы содержат решения, которые и применяются для создания охраноспособного решения «на применение».

Проанализируем состав МПК для определения места нового класса объектов - оффшорных сооружений (морских буровых вышек и терминалов) и систем водообработки на них.

Высшим уровнем иерархии МПК являются восемь разделов:

А – удовлетворение жизненных потребностей человека;

В – различные технологические процессы, транспортирование;

С – химия; металлургия;

Д – текстиль, бумага;

Е – строительство и горное дело;

Г – машиностроение, освещение, отопление, оружие и боеприпасы, взрывные работы;

Ж – физика;

З – электричество.

Вторым уровнем классификации являются *Класс*, на которые делится каждый раздел. Индекс класса состоит из индекса раздела и двузначного числа (Например: В 63 – оборудование для судов и прочих плавучих средств для них).

Каждый класс содержит один или более подклассов. Индекс подкласса состоит из индекса класса и заглавной буквы латинского алфавита. (Например: В63J – Вспомогательное судовое оборудование). Под термином «вспомогательное судовое оборудование» в данном подклассе следует понимать специальные устройства на судах для обработки воды, промышленных и бытовых сточных вод, обеспечивающие возможность обитания на судне людей, а также иное специальное оборудование. Заголовок подкласса с максимальной точностью определяет его содержание в порядке усложнения тематики. Большая часть подкласса относится к общей тематике, перед началом этой части может вводиться подзаголовок, определяющий эту общую тематику.

Каждый подкласс разбит на подразделения, которые в дальнейшем именуется группами. В свою очередь группы делятся на основные группы (т.е. четвертый иерархический уровень Классификации) и подгруппы (т.е. более низкие уровни иерархии по сравнению с уровнем основных групп Классификации). Индекс группы МПК состоит из индекса подкласса, за которым следуют два числа, разделенные наклонной чертой. Для использования МПК в качестве инструмента поиска новых решений была найдена связь каждого его иерархического уровня с уровнями функционирования – деятельность, процесс, операция и действие. Указанная связь иллюстрируется таблицами 1.1 – 1.3.

Апробация предложенного метода инверсии международной патентной классификации проведена при разработке прототипа перспективной компактной автоматизированной безреагентной комбинированной системы глубокой очистки сточных вод для морских оффшорных объектов в Арктике описанной в главах 2 и 3 настоящей работы.

Таким образом, наиболее эффективным явился выбор и апробация типовых решений из других классов МПК «на применение».

Таблица 1.1 – Связь иерархической структуры МПК с элементами функциональной модели

Обозначение уровня иерархии					Примечание
Раздел	Класс	Подкласс	Группа	Подгруппа	
С	02	F	3/00	3/30	
Раздел – уровень 1					
	Класс – уровень 2				
		Подкласс– уровень 3			
			Группа– уровень 4		
				Подгруппа – уровень 5	
Элементы функциональной модели					
Деятельность	Процесс	Операция	Действие		Только для процессов (способов)
Система	Комплекс	Изделие	Узел		Только для технических средств (устройств)

Таблица 1.2 – Иерархическое строение МПК (классификация судовых систем)

Обозначение уровня иерархии			
Раздел	Класс	Подкласс	Группа
В	63	J	(4/00, 99/00)
Различные технологические процессы, транспортирование	Суда и прочие плавающие средства; оборудование для них	Вспомогательное судовое оборудование (специальные устройства на судах для обработки воды, промышленных и бытовых сточных вод	

Таблица 1.3 – Иерархическое строение МПК (классификация методов обработки воды)

Обозначение уровня иерархии			
Раздел	Класс	Подкласс	Группа
С	02	F	(1/00, 5/00)
Химия	Обработка воды	Промышленных и бытовых сточных вод или отстоя сточных вод	Химическая или физическая обработка воды

Для интересующих нас целей могут быть использованы следующие группы Подкласса C02F:

а) химическая или физическая обработка воды (1/00), содержащая 78 подгрупп, которые уточняют вид воздействия (нагревание, дегазация, замораживание, флотация, экстракция, сорбция, облучение, механические колебания, отделение или удаление жировых или масляных частиц или подобных плавающих веществ, ионообмен, диализ, осмос или обратный осмос, электрохимический способ, магнитное или электрическое поля, добавление или применение бактерицидных средств или олигодинамическая обработка, флокуляция или осаждение взвешенных загрязнений, удаление специфических растворенных соединений, регулирование, ионообмен, флокуляция или осаждение взвешенных загрязнений, удаление растворенных соединений, добавление специфических веществ, восстановление, окисление);

б) биологическая обработка воды (3/00), содержащая 32 подгруппы, которые уточняют вид воздействия (аэробные способы, способами анаэробного вываривания, аэробными способами в сочетании с анаэробными, отличающаяся используемыми животными или растениями, например водорослями, отличающаяся используемыми микроорганизмами);

в) аэрация водных пространств (7/00), без уточнения вида воздействия;

г) многоступенчатая обработка воды, промышленных или бытовых сточных вод (9/00). Данная группа предназначена для классифицирования только тех многоступенчатых способов обработки, для которых существенной характеристикой является комбинация ступеней обработки, а не индивидуальная ступень обработки. В этой группе классификация проводится в соответствии с правилом последней подходящей рубрики, т.е. на каждом иерархическом уровне классифицирование проводится по последней подходящей группе. Группа содержит 3 подгруппы, которые уточняют вид воздействия (ступень разделения, по крайней мере одна ступень является химической обработкой, по крайней мере одна ступень является физической обработкой, по крайней мере одна ступень является биологической обработкой);

д) обработка отстоя сточных вод; устройства для этих целей (11/00). Группа содержит 3 подгруппы, которые уточняют вид воздействия (биологическая

обработка, окислением, пиролизом, обезвоживанием, сушкой или сгущением, термическим воздействием (пиролизом).

Поскольку МПК является иерархической классификационной системой, то применяя систематический подход и используя ее иерархическую структуру и следуя шаг за шагом в определении соответствующего подкласса для рассматриваемого объекта, новизну которого определяем. Сначала определяем соответствующий раздел, затем подраздел и класс, а затем в рамках выбранного класса определяем наиболее подходящий подкласс, охватывающий искомый объект. Заголовки разделов, подразделов и классов дают не только знание об их содержании, но и могут служить критерием при сравнении с предлагаемыми решениями. После определения подкласса с использованием вышеописанных методов необходимо проверить, достаточно ли широк его объем, чтобы охватить технический объект, подлежащий классифицированию.

Анализ приведенных схем МПК показывает, что в нем отсутствует не только класс оффшорных сооружений, но и систем, установленных на них (подкласса систем обработки воды). Поэтому как отдельным направлением дальнейших исследований становится обоснование состава средств ОСВ – их типизация и разработки ТУ на такие системы.

В сложившейся ситуации использовались специальные подразделения классификации для тематики, адекватно не охватываемой МПК.

Обычно информация о техническом решении адекватно охватывается одной или несколькими классификационными рубриками МПК.

Тем не менее, с развитием технологий существующие подразделения классификации не смогут адекватно охватывать все вновь открываемые тематики. Такая ситуация сложилась и с системами водоотведения, установленными на оффшорных сооружениях. Первоначально указанные системы использовались в стационарном исполнении. Затем, при размещении их на судах, были выделены в отдельный класс (B63J). Для классифицирования новых тематик необходимо создавать специальные классификационные подразделения с заголовками, которые не содержат ограничений технической сущности. Такие

классификационные подразделения собирают эти новые виды тематики до тех пор, когда можно будет создать технически определенные классификационные рубрики, охватывающие их.

Если информация в патентном документе адекватно не относится ни к одному из подклассов наиболее подходящего раздела, информация об изобретении классифицируется в специальной остаточной основной группе этого раздела. Каждая специальная остаточная основная группа обозначается «99Z 99/00» с предшествующим индексом раздела.

Все такие специальные остаточные классы, подклассы и основные группы имеют один и тот же заголовок. Например, (Раздел В): В99Z 99/00 Тематика, не предусмотренная где-либо в данном разделе. Каждый из специальных остаточных подклассов имеет следующее стандартное примечание: «К данному подклассу отнесена тематика, (а) не предусмотренная подклассами данного раздела, но наиболее близко связанная с ним, и (б) не относящаяся явно ни к какому подклассу другого раздела».

Если информация о техническом средстве относится к какому-то подклассу, но не охватывается ни одной из его групп с конкретными заголовками, информация об изобретении классифицируется в остаточной основной группе этого подкласса.

Чтобы облегчить расположение таких основных групп, там, где они необходимы, остаточные группы размещаются в конце схемы подкласса и обозначаются по возможности стандартным индексом группы 99/00.

Для раскрытия особенностей решения в данной области необходимо вместо группы 99/00 ввести новую.

Таким образом, поиск решения «на применение» должен производиться во всех остальных классах МПК.

Поиска и отбор перспективных технических решений по выбранным направлениям патентных исследований проведен в главе 3.

Выводы по первой главе

1. Процесс создания охраноспособных технических решений в области очистки и обеззараживания сточных вод на морских объектах в Арктике предполагает поиск результатов интеллектуальной деятельности, без которых процесс разработки (НИОКР) теряет смысл и представляет собой процесс проектирования или простого подбора технологий и оборудования.

2. При использовании СРПП для разработки технологии, средств и методов охраноспособные решения получаются случайным образом. Инновационный процесс требует, что бы в его основе уже было заложено охраноспособное решение. Это требует разработки специального метода создания новых технических решений на основе использования структуры международной патентной классификации.

3. Существующие технологии создания новых технических средств и методов интеллектуальной деятельности не учитывают особенности отраслевого применения результатов интеллектуальной деятельности.

4. Результат интеллектуальной деятельности является основным элементом инновационного механизма создания и использования новых технических средств и методов - основным наиболее ценным результатом НИОКР, определяющим научно-технический уровень и влияющий на показатели качества конечного промышленного продукта.

5. Единственным результатом интеллектуальной деятельности, который создается для всех видов деятельности при выполнении конкретных процессов, операций и действий является секрет производства (ноу-хау).

6. Способность результата интеллектуальной деятельности выступать самостоятельным ресурсом производства позволяет сокращать жизненные циклы разработки новых средств и методов (за счет сокращения жизненных циклов локальных НИОКР), тем самым повышать эффективность разработки новых средств и методов.

7. Основные эффекты от применения новых знаний - результатов интеллектуальной деятельности возникают в результате их применения в промышленности.

8. Эффекты от использования новых средств и методов (как результатов НИОКР) не являются результатом деятельности лишь в области научных исследований и разработок, а является результатом деятельности во всех сферах воспроизводства новой техники, включая серийное производство продукции.

9. Функциональное моделирование дает возможность учета отраслевых особенностей использования результатов интеллектуальной деятельности, определить виды деятельности, конкретные процессы, операции и действия, тем самым определить где результаты интеллектуальной деятельности являются ресурсом производства и возникает необходимость обеспечения правовой охраной таких результатов интеллектуальной деятельности. Такой подход позволяет максимально эффективно использовать как вновь создаваемые, так и существующие результаты интеллектуальной деятельности при создании новых средств и методов.

10. При создании охраноспособных решений в области водопользования на оффшорных объектах, следует руководствоваться принципом «использования по назначению».

Глава 2 Особенности водопользования на морских объектах в Арктике

2.1 Анализ существующих условий эксплуатации морских сооружений и методов очистки применяемых на судах

Выше кратко были рассмотрены общие сведения о современных технологиях интеллектуальной деятельности, рассмотрены способы организации создания и разработки новых технических решений и показаны место и роль результатов интеллектуальной деятельности в составе научно-технической продукции, получаемой при выполнении исследований и разработок, построена функциональная модель системы очистки сточных вод для оффшорных объектов и предложен метод поиска новых охраноспособных технических решений, позволяющий эффективно подбирать перспективные для применения и дальнейшего совершенствования передовые технические решения (прототипы) и производить разработку новых решений на уровне лучших мировых аналогов.

Согласно предлагаемого метода, прежде чем приступить к непосредственному поиску необходимой технологии очистки и обеззараживания сточных вод и разработки прототипа системы, следует изучить и сформулировать требований к создаваемым системам, а также изучить и обобщить опыт эксплуатации подобных систем.

В материалах [35] представителями специализированного предприятия «Газфлот» ОАО «Газпром» отмечается, что первоочередными районами работ на шельфе России являются Обская и Тазовская губы, северо-восточный шельф Баренцева моря (район Штокмановского месторождения), шельф Печорского моря и Приамальский шельф. Некоторые перечисленные районы арктических морей являются водными объектами высшей рыбохозяйственной категории. Буровые работы проводятся при нулевом сбросе. Все отходы бурения – буровой шлам, твердые бытовые отходы – собираются в контейнеры, а нефтесодержащие воды и масла – в емкости, и вывозятся на берег для утилизации.

До настоящего времени вопрос очистки сточных вод на морских оффшорных объектах с учетом их особенностей, наименее проработан и окончательно не решен. Возможно это связано с тем, что пока построена только одна платформа «Приразломная», эксплуатирующая в районе Штокмановского месторождения.

В связи с отсутствием опыта эксплуатации, проектирование, строительство и эксплуатация установок очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, производимых на оффшорных объектах целесообразно разрабатывать с учетом опыта эксплуатации существующих судовых и береговых установок очистки малой производительности, которых имеется большое разнообразие, как по производительности, так и по используемым принципам.

Для решения комплекса вопросов, связанных с созданием установок для очистки сточных и систем сточных вод для оффшорных сооружений в целом, большое внимание должно быть уделено изучению опыта решения подобных задач в смежных отраслях и за рубежом как в части применяемых установок, так и описания патентов на эти установки, применяемые технологии и устройства функциональных узлов.

Все технические средства и сооружения по опасности загрязнения акватории сточными водами можно разделить на следующие группы: стационарные нефтегазодобывающие платформы с количеством персонала 150-200 чел.; стационарные отгрузочные терминалы, плавучие хранилища и др. с количеством персонала менее 15 человек; танкеры с количеством персонала менее 15 человек со временем загрузки (без хода) у платформы более 8-10 часов; суда снабжения и др. с количеством персонала менее 15 человек, время работы у платформы менее 5 часов.

Стационарные платформы и платформы со свайным основанием устанавливаются на относительно мелководном шельфе с глубиной до 50 - 100 метров, где в наибольшей степени сброс стоков сказывается на состоянии окружающей природной среды, приводит не только к локальному загрязнению в застойных зонах на дне, но и скоплению загрязнений в водозаборных танках. В

таких застойных зонах образуются очаги вторичного загрязнения. И для таких сооружений должны предъявляться более жесткие требования по сбросу.

Все источники загрязнения моря, исходящие от судов и оффшорных объектах, можно разделить на следующие: сточные воды, включающие стоки из туалетов, душевых, умывальных и т.д.; нефтесодержащие сточные воды, которые в зависимости от происхождения могут быть разделены на льяльные воды машинных и машино-котельных отделений, балластные воды топливных систем и грузовых танков; твердые отходы, такие как отходы камбуза, различный мусор (ветошь, бумага, картон, металлические и пластмассовые банки, грузовой мусор) и т.д.

Несмотря на то, что общее количество сточных вод, сбрасываемых судами и оффшорными сооружениями, значительно меньше стока от населенных пунктов, они могут внести существенный вклад в загрязнение прибрежных вод морей, особенно акватории замерзающих морей.

Требования к параметрам защиты окружающей среды при эксплуатации судов определены в законодательстве России и документах международных организаций.

Международная морская организация (ИМО) и действующей при ней Комитет по защите морской среды (МЕРС) разрабатывают требования (рекомендации) по осуществлению защиты морской среды. Определяющим документом является Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78) [36]. В МАРПОЛ требования по защите окружающей среды от каждого из перечисленных выше судовых загрязнителей морской среды рассмотрены в отдельных Приложениях. Требования по предотвращению загрязнений сточными водами с судов содержатся в Приложении IV.

В российском законодательстве требования по защите водной среды определены в Федеральных законах [18,116], Постановлениях Правительства РФ [75,78,79,80], Приказе Министерства природных ресурсов РФ [77], санитарных правилах [89,90,108], правилах Морского и Речного Регистров [113,74,76,81,82,70]. В санитарных правилах [21,22,86,102,103,104,105,106]

определены требования к качеству воды прибрежных и поверхностных вод в местах водопользования, в зонах санитарной охраны, к питьевой воде.

Нормы расхода воды на одного человека для отечественных ПБУ, определены действующими Санитарными правилами для плавучих буровых установок [89]. Анализ запасов питьевой воды на зарубежных морских буровых установках, построенных за последние 15 лет показал, что расход питьевой воды на них в 1,5 раза превышает установленный российскими нормами.

Следует учитывать тенденции ужесточения требований к очистке сточных вод, вплоть до исключения сброса их в море в отдельных районах, накладывают на такие системы дополнительные требования. Это касается, прежде всего, закрытых морей (Балтийское, Каспийское, Черное) и Арктических морей.

На всех типах судов, морских буровых установках (МБУ), морских отгрузочных терминалах (МОТ) и морских нефтегазодобывающих платформах имеются специальные судовые системы для сбора, обработки и удаления сточных вод (СВ), поэтому одним из наиболее простых путей предотвращения загрязнения моря сточными водами с судов является их накопление в сборных цистернах с последующей передачей на береговые коммунальные объекты для переработки. Для эксплуатируемых оффшорных сооружений, особенно при нахождении их в удаленных от берега районах и в сложной ледовой обстановке, такое решение проблемы может быть неприемлемо как по экономическим, так и по техническим соображениям. При длительности хранения сточных вод на борту не более 6 суток допускается применение накопительных цистерн, а свыше 6 суток – использование установок очистки для сточных вод.

Существует достаточно большое разнообразие конструкций установок очистки сточных вод и в разных странах используемые решения имеют разную направленность, более подробно они будут описаны в разделе 1.3 настоящей главы. Так, например, флота Великобритании и Италии используют преимущественно биогенные установки, хотя их эффективность не всегда удовлетворяет требованиям МАРПОЛ 73/78. В США биологические установки используются для размещения на прибрежных стационарных платформах, на

кораблях и судах же применяются электрохимические установки очистки сточных вод. В Швеции и Германии предпочитают применять на судах физико-химические методы очистки. В России на судах используют в основном зарубежные установки.

По составу сточные воды состоят из 58% органических и 42% минеральных веществ. Состав сточных вод и режим их поступления отличаются от городских стоков. Концентрация загрязнений в судовых стоках выше, чем в городских, режим поступления сточных вод отличается большей неравномерностью. Количество сточных вод на судах и плавсооружениях зависит от многих факторов: численности экипажа и пассажиров; состояния санитарно-технического оборудования; района эксплуатации; наличия круглогодичной системы кондиционирования воздуха и т.д. При работе в южных широтах количество сточных вод увеличивается на 15-20%, а в высоких - уменьшается на 5-10%.

Сравнение некоторых показателей судовых сточных вод и коммунальных сточных вод приведен в таблице 2.1. [39, 40].

Как показывает практика, судовые установки очистки сточных вод могут иметь различные производительности, и основаны на различных принципах действия.

Таблица 2.1 – Показатели судовых и коммунальных сточных вод

Контролируемый показатель	Судовые сточные воды	Коммунальные сточные воды
Коли-индекс, шт./л	$10^{14} - 10^{16}$	$10^{10} - 10^{14}$
Взвешенные вещества, мг/л	500-1000	200-400
Биохимическая потребность кислорода за 5 суток, мг O_2 /л	500-800	200-400

В настоящее время на судах используются установки, работа которых основана на следующих принципах: физико-химическом с использованием электродов, образующих в морской или соленой воде ионы хлора; химическом с добавлением в сточные воды коагулянтов и осаждением твердых веществ, и биологическом. Наиболее распространены судовые установки, основанные на физико-химическом принципе действия

производительностью от 50 до 250 м³ в сутки. Данные установки удобны при эксплуатации для очистки малых объемов, однако степень очистки их не удовлетворяет необходимой.

Необходимо учесть тот фактор, что каждое оффшорное сооружение имеет свои особенности, поскольку каждое из них будет отличаться друг от друга географическим расположением, (характеризуемым различным свойством морской воды), объемом добычи, источниками снабжения, количеством и составом команды.

По этой причине построить типоразмерный ряд очистных оффшорных сооружений представляет собой самостоятельную задачу. Общим их свойством, по аналогии с судовыми очистными сооружениями, будут являться основные физико-химические характеристики хозяйственно - бытовых сточных вод.

На морских оффшорных сооружениях способы и методы очистки и удаления сточных вод обусловлены условиями их эксплуатации.

Методы, наиболее часто используемые для очистки судовых сточных вод представлены на рисунке 2.1. Принципы извлечения загрязнений реализуются в нескольких методах.

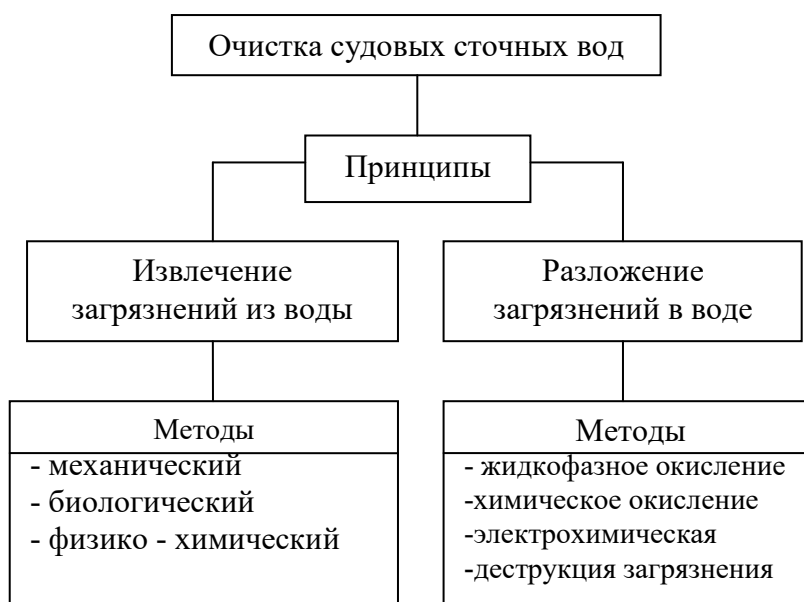


Рисунок 2.1 – Методы очистки, используемые для обработки судовых сточных вод [111]

Наиболее простой из них – механическая обработка сточных вод. Фильтрация, как способ механической очистки судовых сточных вод, предполагает их предварительное отстаивание и последующую очистку с помощью разнообразных фильтров. После этого вода обеззараживается и удаляется за борт. К числу перспективных технических решений относятся конструктивные разработки по созданию установок очистки и обеззараживания сточных вод (ООСВ) мембранного типа. Сточные воды поступают в мембранный блок, где происходит фильтрация чистой воды через полупроницаемую мембрану.

Другим вариантом реализации принципа извлечения загрязнений из очищаемых вод является биологическая обработка, которая основана на способности микроорганизмов использовать в качестве питательной среды органические соединения, содержащиеся в сточных водах, перерабатывая их до углекислого газа и воды. Достоинство метода заключается в простоте оборудования и низких эксплуатационных расходах. Однако применение этого метода в судовых условиях связано с определенными трудностями, обусловленными требованиями к массо – габаритным характеристикам установок и специфическими условиями их эксплуатации. Опыт эксплуатации отечественных и зарубежных судов показал, что нередко установки биологической обработки сточных вод не соответствуют эксплуатационным требованиям.

Использование физико – химических методов в судовых установках ОСВ предполагает реализацию процессов коагуляции и флотации (всплытия) загрязнения или комбинирование с последующим обеззараживанием очищенной воды. В качестве коагулянтов (реактивы, связывающие частицы загрязнений между собой), используются такие вещества, как хлорное железо, сульфат алюминия и другие. Средняя продолжительность флотации в судовых установках может составлять 20 – 30 минут. К преимуществу таких установок можно отнести их постоянную готовность к работе и относительно малые габариты. Недостатками являются необходимость хранения на судне химических реактивов.

Электрохимическая обработка является разновидностью физико – химического метода. Процесс электрохимической очистки сточных вод происходит под действием электрического тока с использованием растворимых и нерастворимых электродов. В качестве растворимых используются алюминиевые, железные и другие электроды, ионы которых, выходя в раствор при электролизе, обладают хорошими коагулирующими свойствами. Недостатком таких установок является сравнительно сложная система управления и невысокая надежность.

Существует принципиально иная технология обработки сточных вод, основанная не на возможностях извлечения загрязнений, а использующая прямое разложение загрязнений до простых веществ (воды и углекислого газа).

К таким методам относятся: жидкофазное окисление, химическое окисление и электрическая деструкция загрязнений. Метод жидкофазного окисления основан на окислении загрязнений при высоких температурах (200 – 300°С) и давлении 20 - 30 МПа, что делает установки очень дорогими и сложными при обслуживании. Кроме того, установки жидкофазного окисления работают, как правило, в периодическом режиме, что связано с определенными ограничениями в организации процесса сбора и обработки сточных вод в судовых условиях. Метод химического окисления основан на окислении загрязнений веществами, содержащими активный хлор, перексидные соединения, озон или другие. Наличие на судне установок для окислителей в целом будет усложнять водоочистное оборудование и эксплуатацию сточных систем. Перечисленные факторы делают проблематичной применения этого метода в судовых условиях.

Метод электрохимической деструкции загрязнений основан на непосредственном их окислении на поверхности электродов при обработке воды. Термодинамически существует возможность окисления практически всех органических загрязнителей, в том числе и трудноокисляемых, до углекислого газа и воды. При этом не требуется ни высоких температур и давления, ни химических реактивов. Процесс электрохимической деструкции протекает в ходе одной технологической операции, что значительно упрощает конструкцию и техническое обслуживание на борту судна. Сущность метода заключается в

процессе электрохимического разрушения загрязнений за счет окислительно – восстановительных реакций как на поверхности электродов электролизера, так и в объеме жидкости в межэлектродном пространстве. Дезинфекция отработанных сточных вод происходит под действием гипохлорида натрия, который образуется в процессе электролиза раствора NaCl, содержащегося в сточных водах (при использовании забортной воды для санитарно – бытовых целей). Если содержание NaCl в обрабатываемой воде составляет более 1%, процессы очистки сточных вод и их обеззараживание будут протекать одновременно в одной и той же емкости. Если содержание NaCl ниже 1%, его можно увеличить добавлением рассола из бортовых опреснительных установок. Основным недостатком электрохимического метода является необходимость отвода взрывоопасных газов, получаемых в процессе электролиза, например водорода.

Кроме перечисленных выше способов и средств обработки сточных вод в ряде стран используются варианты комбинированных систем обработки.

Один из вариантов предусматривает механическо – электрические системы обработки сточных вод и инсинераторы для сжигания накапливающего шлама и мусора.

Другой вариант комбинированной системы предусматривает замену процесса флотации процессом коагуляции или биологической очисткой. В обоих случаях дезинфекция вод осуществляется свободным хлором, который выделяется при электролизе раствора NaCl.

Применение установок, использующих физико-химические методы очистки сточных вод, получили наибольшее распространение на судах.

На судах используются также различные комбинации перечисленных методов очистки [111].

Если исключить вышеописанные методы, использующие опасные вещества и процессы – химическое окисление озоном, гипохлоритом, перекисью водорода, электрохимические методы, связанные с выделением водорода, сорбционные процессы, для которых необходима постоянная доставка сорбентов и их ликвидация после использования (что проблематично в удаленных районах

Арктики), то наиболее рациональными будут химико-биологические методы (разделенная либо симультанная коагуляция с биологической очисткой сточных вод), фильтрация либо микрофильтрация биологически очищенной воды.

По сравнению с другими методами химико-биологическая очистка характеризуется следующими показателями: меньшими эксплуатационными затратами; простотой обслуживания; универсальностью; относительно небольшим образованием малотоксичных и нетоксичных отходов; позволяет очищать большие количества сточных вод различного состава.

Недостатки химико-биологической очистки обусловлены: необходимостью соблюдения технологического режима очистки; небольшим допустимым уровнем изменений параметров окружающей среды; относительно низкими скоростями разложения органических загрязнителей в биологических процессах по сравнению с химическими, физико-химическими и физическими методами очистки сточных вод.

Учитывая приведенные достоинства и недостатки химико-биологических методов очистки можно предположить, что технология глубокой химико-мембранно-биологической очистки воды, на наш взгляд, для оффшорных сооружений в условиях Арктики, могла бы быть наиболее перспективна. С учетом того, что последние 10 лет уровень техники в области мембранных технологий шагнул далеко вперед, многие недостатки технологий очистки сточных вод могут быть преодолены.

Выбор оборудования для обработки сточных вод определяется типом судна, количеством людей на нем, районом эксплуатации временем работы установки, качеством очистки, типом сточной системы и протяженностью ее трубопроводов, требуемой площадью и расположением установки на судне, условиями ее эксплуатации, стоимостью. Однако учесть все эти факты весьма сложно.

Оборудование для обработки сточных вод, рекомендуемое на судах различных типов и морских плавучих сооружениях, может быть выбрано с использованием данных таблицы 2.2.

Таблица 2.2 – Основные типы и характеристики установок для различных типов судов и оффшорных объектов

Тип судна	Тип сточно-фановой системы	Район эксплуатации	Количество людей, чел.	Оборудование для предотвращения загрязнений
Буксиры, прогулочные катера яхты	Проточная на забортной воде	12-мильная зона	До 15	Автономные санитарно - технические устройства
Суда рыбоохраны, научно-исследовательские	Вакуумная	Рыбоохранные зоны массового водозабора для нужд пищевой промышленности и питьевой воды	До 50	Рециркуляционные установки
Портовые буксиры, суда снабжения, рейдовые катера	Проточная на забортной воде, вакуумная	Акватории портов, оборудованных устройствами для приема необработанных стоков	До 50	Сборные цистерны
Грузовые и наливные морские и речные, суда типа река — море, морские паромы	Проточная на забортной или пресной воде, вакуумная	Неограниченный район плавания	До 100	Установки обработки СВ физико-химическими методами
Пассажирские, рыбообрабатывающие базы, морские стационарные платформы, землечерпалки И т. д.)	Проточная на забортной или опресненной воде	Районы, разрешенные для сброса необработанных ХБВ	Свыше 100	Установки обработки СВ биохимическими методами

В среднем затраты на оборудование для обработки сточных вод на одного человека для судов различных типов составляют: малые рыболовные суда — 200 долл.; рабочие катера, буксиры, исследовательские суда, малые грузовые суда, лихтеровозы, ПБУ — 800 долл.; большие грузовые суда — 1225 долл.; корабли (175 чел) — 600 долл. Для крупных пассажирских судов с численностью пассажиров и команды до 3000 человек стоимость оборудования и его монтажа составляет от 250 тыс. (сборная цистерна) до 1 млн. долл., (непрерывная обработка) [11].

2.2 Анализ конструкций установок очистки малых объемов сточных вод

В предыдущем разделе были рассмотрены основные способы (принципы и методы) очистки сточных вод, применяемых на морских сооружениях и судах.

Ниже рассмотрим конкретные устройства (средства), применяемые на морских сооружениях и судах, которые являются, по сути, очистными сооружениями малой производительности, а также очистные установки используемые на берегу.

На малых по производительности установках применяются на практике все известные вышеописанные методы очистки: коагуляция, биологическая очистка, микрофильтрация, химическое окисление, сорбция.

Ниже дано описание наиболее современных установок. Наиболее интересными представляются установки биологического типа с мембранными фильтрами тонкой очистки:

- EVAC с мембранным биореактором MBR (Zodiac);
- DVZ-SKA "BIOMASTER"- с мембранным блоком (DVZ-SERVICES GmbH);
- RWO GmbH с мембранами BMSU (RWO GmbH).

При длительной эксплуатации буровых установок в одном месте базирования может образоваться большое пятно загрязнения сточными водами при работе обычных сточных установок обработки сточных вод, что затруднит получение качественной пресной воды на буровой установке. Сочетание современных мембранно-биологических технологий позволяет уменьшать массогабаритные характеристики систем биологической очистки практически в 1,5-2 раза по сравнению с системами биологической очистки сточных вод без применения мембран, а также появляются методы интенсификации выхода на режим подобных систем.

Рассмотрим некоторые конструкции судовых установок очистки и обеззараживания сточных вод:

1) Новейшая система очистки сточных вод с применением мембранных блоков для судов фирмы EVAC превосходит все существующие стандарты качества и позволяет осуществлять судоходство и эксплуатацию оффшорных сооружений даже в самых экологически уязвимых морских акваториях.

Внешний вид мембранного блока и мембраны приведены на рисунке 2.2, принципиальная схема обработки сточных вод фирмы EVAC представлена на рисунке 2.3 [129]. По утверждению фирмы EVAC, ресурс работы погруженных мембран Kubota составляет от 7 до 10 лет. Мембраны EVAC MBR не требуют промывки противотоком и постоянной химической очистки. Перепад давления через мембраны создается либо небольшим вакуумом, либо гидростатическим напором. Обработанные стоки могут сливаться без последующего обеззараживания.

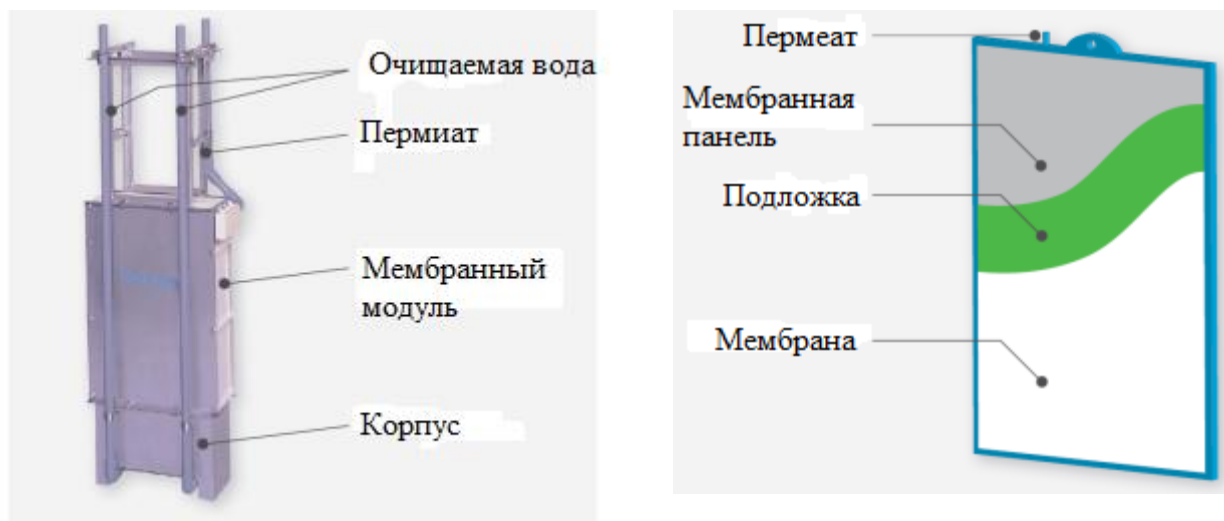


Рисунок 2.2 – Мембранный блок (слева) и мембрана (справа)

Аналогичные установки сточных вод с мембранными блоками разработаны и другими зарубежными фирмами. Например, фирма DVZ разработала установку DVZ-SKA "BIOMASTER"- Plus [132]. В установке DVZ-SKA "BIOMASTER" обеспечивается автоматическая промывка мембран химическим раствором во избежание механического загрязнения при повышении

рабочего давления выше 4 бар при помощи встроенной системы очистки обратным током;

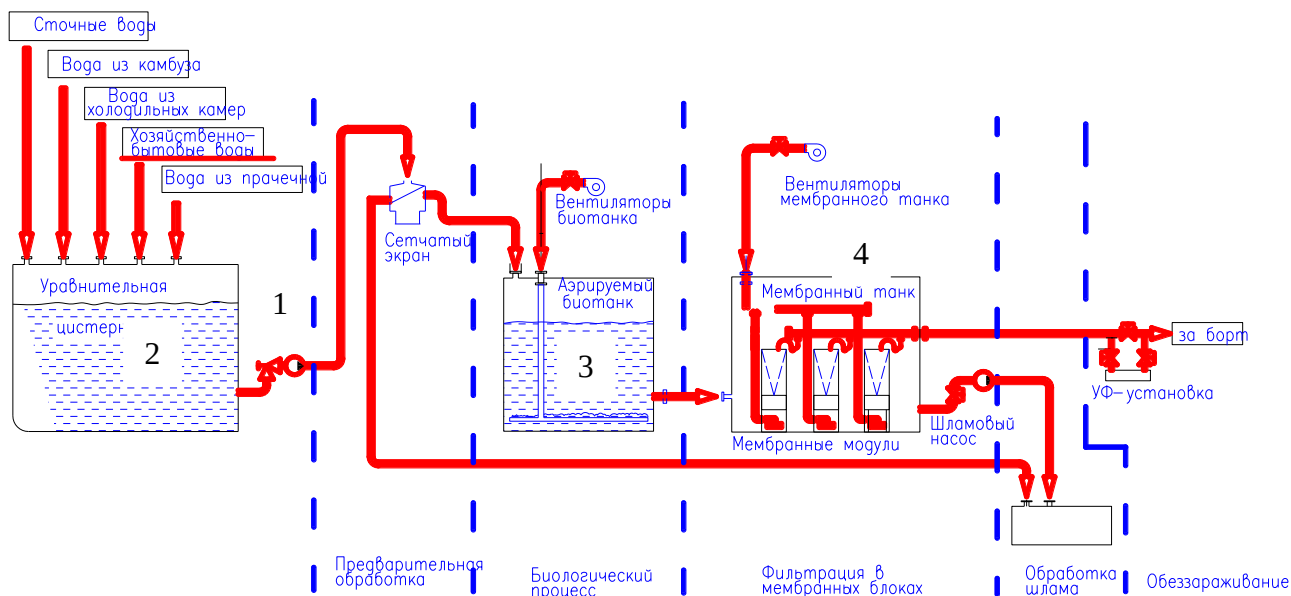


Рисунок 2.3 – Принципиальная схема обработки сточных вод фирмы EVAC с мембранным биореактором MBR [113]

1 - перекачивающий насос, 2- сборная цистерна, 3 - цистерна предварительной обработки, 4 - мембранный блок.

2) Разработанная фирмой RWO GmbH установка сточных вод RWO с мембранным блоком отличается от предыдущих тем, что мембранные блоки обдуваются воздухом, очищая таким образом мембраны от механических взвесей. Данным способ наиболее перспективен, чем пузырьковая аэрация, так как со временем на поверхности мембран происходит цементирование отложений, которые воздушно-пузырьковая аэрация не может разрушить [133];

3) Установка «Сиуэй» фирмы «Сасакура-Сиуэй» (Япония) работает по принципу продленной аэрации стоков. [100] Фирма "Сасакура-Сиуэй" выпускает судовые УБО "НМА" для обслуживания от 10 до 100 человек;

4) Аналогичная установка «СТС Диспозер» выпускается фирмой «Исикаваджима Харима» (Япония) и установки типа «Био Компакт» фирмы

«Дойче Герэтэтау Зальц-коттен» (Германия), «Юнекс-Био» фирмы «Раума-Репола» (Финляндия), установка типа ЛК фирмы «Варма» (Польша), установка «Термобиомак» фирмы «Веир» (Англия) работают по принципу биологической очистки при аэробном бактериальном разложении компонентов сточных вод (продленная аэрация);

Недостатком установок данного типа является относительно невысокая степень очистки сточных вод, качество очищенной сточной воды составляет: БПК₅ - от 4 до 36 мг/л; ВВ - от 10 до 46 мг/л; коли-индекс - 1000 1/л.

5) Все установки типа «Нептуматик» фирмы «Сален» и «Викандер» (Швеция) имеют схожие схемы и единый принцип работы, основанный на использовании реагентной напорной флотации, с последующим обеззараживанием хлорсодержащим реагентом [100]. В этих установках комбинируется интенсивное перемешивание воды и воздуха в эжекторе с повышенным давлением среды, что ведет к быстрому окислению органических загрязнителей. В качестве коагулянта используется хлорное железо. Весь процесс очистки занимает около часа. Процесс управления осуществляется с пульта, снабженного необходимыми приборами контроля и сигнализации. Установка обеспечивает следующее качество очищенной воды: БПК₅ - 50мг/л; ВВ - 50мг/л; коли-индекс - менее 500 1/л;

6) Установка «Юнекс-Симултан-15» (Финляндия), работает по классическому биохимическому процессу совмещенному с химической обработкой коагулянтом. Обеззараживание достигается введением в очищенную воду хлорсодержащего раствора с последующей выдержкой. [100] Установка способна переработать до 6 м³/сут СВ;

7) Флотационная установка «Сток-150» (Россия) предназначена для обработки сточных вод, образующихся на пассажирских и туристических судах с численностью экипажа и пассажиров около 500 человек. Особенностью установки является использование озона для обеззараживания сточных вод. В качестве коагулянта используется сернокислый алюминий;

8) Система очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, эксплуатирующаяся на первой российской арктической платформе «Приразломная», предусматривает сбор, транспортировку, очистку и утилизацию всех хозяйственно-бытовых и сточных вод, образующихся в жилом и производственном секторах нефтедобывающей платформы. Очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод включают два последовательно подключенных блока очистки и доочистки, рисунок 2.4. Первый блок – очистки, состоит из автоматизированной установки для обработки сточных вод (УОСВ) Omnipure модель 15MXMP, производство компании Seven Trent De Nora. Второй блок – включает установку доочистки сточных и хозяйственно-бытовых вод Z54003, производство ООО НПФ «Vincso». Проектная производительность очистных сооружений составляет $56 \text{ м}^3/\text{сут}$, номинальная проектная производительность установки доочистки составляет $120 \text{ м}^3/\text{сут}$ с возможной максимальной нагрузкой до $160 \text{ м}^3/\text{сутки}$.

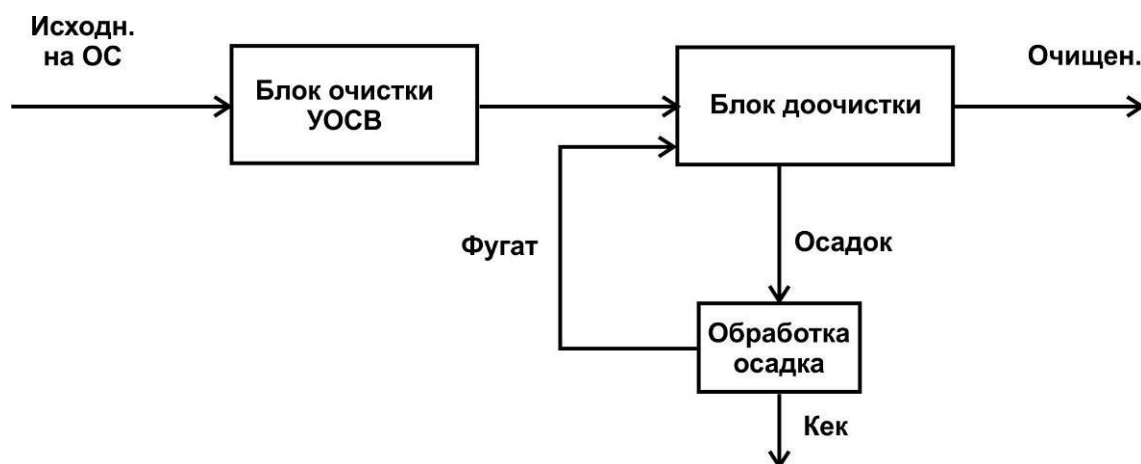


Рисунок 2.4 – Схема очистки сточных вод на платформе «Приразломная»

Очищенные хозяйственно-бытовые и сточные воды смешиваются с очищенными балластными водами и закачиваются в скважины на место добытой нефти. По требованиям контролирующих организаций закачиваемые в скважины воды не должны иметь превышений по концентрации нефтепродуктов свыше $2,5 \text{ мг/л}$, и не иметь патогенных микробов. Схема блока очистки приведена на рисунке 2.5, а блока доочистки на рисунке 2.6.

Основными преимуществами выбранной схемы обработки сточных и хозяйственно-бытовых вод является возможность их полной автоматизации. Любой из применяемых блоков очистки или отдельный узел могут быть остановлены и запущены в течение минимального времени.

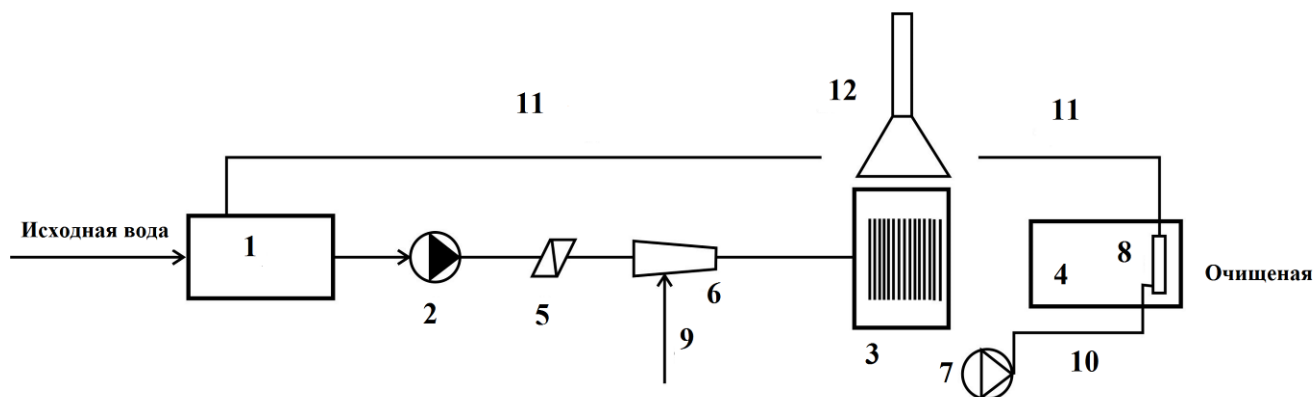


Рисунок 2.5 – Схема блока очистки сточных вод на платформе «Приразломная»

1 - уравнивающий бак V-1; 2 - насос-измельчитель; 3-электролизер; 4-бак очищения стоков V-2; 5-сито калибровочное; 6-эжектор; 7-компрессор; 8-эрлифт; 9-подпитка морской водой; 10-воздух; 11-возврат осадка; 12-вакуумная вентиляция.

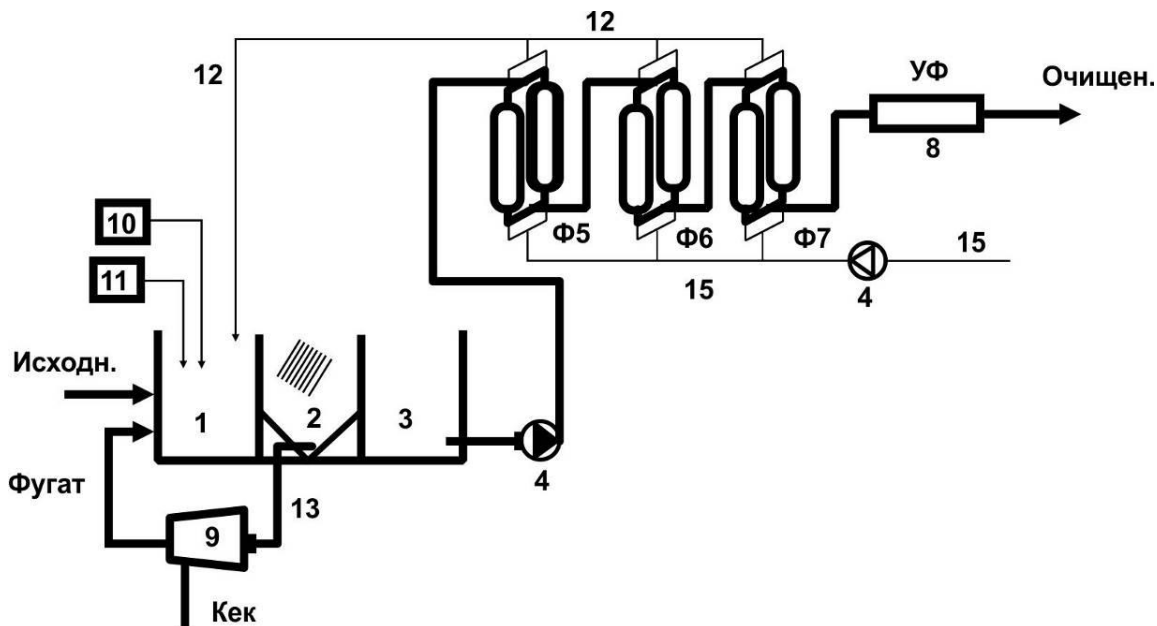


Рисунок 2.6 – Схема блока доочистки сточных вод на платформе «Приразломная»

1-смеситель; 2- отстойник с тонкослойным модулем; 3- накопитель; 4 – насос; Ф- блок фильтров; Ф5 – песок кварцевый; Ф6 – смесь AMDX; Ф7- уголь Cyemviron Carbon; 8 – обеззараживание УФ лампа; 9 –центрифуга; 10 –блок коагулянта; 11 –блок флокулянта; 12 –возврат промывной воды; 13 – осадок на обезвреживание; 14 – промывной насос; 15 – заборная вода.

Благодаря цикличности работы сооружений существенно сокращаются пуско-наладочные работы, и сами сооружения или их отдельные узлы могут быть перенастроены на иной режим работы в кратчайший срок.

К основным недостаткам можно отнести относительно большие массо-габаритные характеристики, зависимость от стабильности исходной воды, необходимость доочистки стоков через загрузку с активированным углем, объем которой недостаточен для устойчивой работы сооружений длительное время [53].

Общие требования к установкам для очистки и обеззараживанию сточных и хозяйственно – бытовых вод определены в ОСТ5Р.5554 – 96 «Установки судовые для очистки и обеззараживания сточных и хозяйственно – бытовых вод».

Конвенцией МАРПОЛ и РМРС не регламентируется какой именно вид оборудования следует разместить на том или иной тип судна. Выбор оборудования предоставляется судовладельцу.

Приведенный выше анализ способов и средств очистки позволяет сделать вывод, что за основу для систем очистки сточных вод для оффшорных объектов в Арктике можно взять ряд унифицированных по объему установок, предназначенных для судов производительностью от 5 до 200 м³/сут.

При этом, с учетом рассмотренных особенностей к требованиям сброса к подобным сооружениям технология очистки сточных вод на оффшорных объектах должна включать возможность удаление биогенных элементов азота и фосфора, которые не учитываются при работе существующих судовых установок очистки сточных вод.

Сравнительная экспертная оценка пригодности существующих судовых установок для очистки сточных вод для оффшорных сооружений и разработанной установки очистки сточных вод приведена в таблице 2.3. В результате проведенной оценки судовых установок очистки сточных вод в качестве базы для сравнения по основным показателям была выбрана установка DVZ-SKA "BIOMASTER"- с мембранным блоком, имеющая наименьшие массо-габаритные характеристики.

Таблица 2.3 – Экспертная оценка пригодности существующих судовых установок для очистки сточных вод для оффшорных сооружений

Название судовых установок очистки сточных вод	Оцениваемые показатели судовых установок очистки сточных вод, баллы								
	1 ¹	2 ²	3 ³	4 ⁴	5 ⁵	6 ⁶	7 ⁷	8 ⁸	Всего
EVAC с мембранным биореактором MBR (Швейцария)	7	1	6	5	5	8	4	3	39
DVZ-SKA «BIOMASTER» с мембранным блоком (Германия)	7	1	6	5	5	10	4	3	41
RWO GmbH с мембранами BMSU (Германия)	7	1	6	5	5	8	4	3	39
Установки типа «Био Компакт» (Германия)	4	2	5	4	3	7	4	4	33
Установки типа «Нептуматик» (Швеция)	5	2	5	4	4	7	4	5	36
Установки типа «Юнекс-Био» (Финляндия)	3	2	5	4	3	7	4	5	33
Установки типа «Юнекс-Симултан-15» (Финляндия)	4	2	4	3	4	7	5	5	34
Установки типа «Кареа» (Германия)	4	1	4	4	4	7	4	5	33
«Сток-150» (Россия)	4	3	4	5	4	7	4	5	36
Установки типа «ЛК» (Польша)	3	2	4	4	4	4	4	5	30
Установки типа «Термобиомак» (Англия)	4	2	4	4	4	7	4	5	34
Установки типа «Трайидент» (Англия)	3	2	4	4	4	4	4	5	30
Установки типа «Сиуэй» (Япония)	3	2	4	4	4	4	4	5	30
Установка «СТС Диспозер» (Япония)	4	2	4	4	4	4	4	5	31
Разработанная установка с МБР (Россия)	10	4	8	5	8	10	5	5	54

Примечания:

- 1 Степень очистки сточных вод, максимальный оценочный балл – 10;
- 2 Информация об установке, максимальный оценочный балл – 4;
- 3 Обоснованность способа очистки, максимальный оценочный балл – 8;
- 4 Надежность работы установки, максимальный оценочный балл – 8;
- 5 Независимость от местных условий, максимальный оценочный балл – 8;
- 6 Условия монтажа, габариты, максимальный оценочный балл – 9;
- 7 Условия эксплуатации, максимальный оценочный балл – 8;
- 8 Долговечность, максимальный оценочный балл – 8.

Основными причинами нарушения работы очистных сооружений биологической очистки на судах является нестабильность качественного состава очищаемой сточной воды в условиях низкой концентрации активного ила. Универсального метода очистки, который может удовлетворить всем необходимым критериям ни в нормативных актах, научных и научно-технических источниках выявить не представилось возможным. В этом случае единственным

подходом может служить модификация и усовершенствование имеющихся аналогов, а предпочтительными критериями совершенствования могут быть свойства разрабатываемых объектов:

- уменьшение объёма установок очистки сточных вод;
- улучшение технологических качеств активного ила, повышение концентрации ила в рабочей зоне очистных сооружений;
- минимальное образование вторичных отходов (избыточного ила, побочных продуктов метаболизма организмов очистных сооружений), возможность удаления избытков биогенных элементов (N, P);
- снижение энергозатрат и совокупных затрат на очистку.

Наиболее интересной с точки зрения возможности совершенствования является метод биологической очистки.

2.3 Конструктивные особенности береговых установок очистки сточных вод малой производительности

Для полноты, рассмотрим некоторые конструктивные особенности установок очистки сточных вод малой производительности, применяемые на берегу.

Номенклатура локальных очистных сооружений, применяющихся на берегу (поселковые ЛОС) насчитывает более 100 наименований. Большинство их изготавливается в заводских условиях в виде отдельных модулей или контейнеров и собирается на месте. Очистка, как правило, проводится в проточном режиме с использованием сооружений механической очистки (часто без первичных отстойников), аэротенков с вторичными отстойниками, как наиболее компактных систем и узлов доочистки и обеззараживания сточных вод.

В таблице 2.4 приведен перечень наиболее активно используемых установок биологической очистки коммунальных (хозфекальных) стоков малой производительности. Как показывает анализ данных, в большинстве выпускаемых малых блочно-модульных установок, биологическая очистка проводится в

аэротенке, разделенном перегородками на несколько секций (на зоны: аэробную, аноксидную, анаэробную, отстаивания). На большинстве малых очистных сооружениях избыточный ил удаляется редко, сооружения работают в режиме самоокисления ила. Удалять фосфор биологическим методом на таких сооружениях невозможно, для этого используют реагентный метод. Дозирование коагулянта при этом должно быть пропорционально притоку поступающих на очистку сточных вод, что достаточно сложно автоматизировать на очистных сооружениях малой производительности. Количество осадка и избыточного ила (особенно в очистных сооружениях, работающих в режиме продленной аэрации, самоокисления ила) незначительное, осадки и ил обрабатываются периодически, с интервалом от нескольких недель до нескольких месяцев. Такой режим удаления избыточного ила приводит к повышенному выносу его из вторичных отстойников.

Анализ имеющихся методов и конструкций рассмотренных выше судовых и береговых установок очистки сточных вод позволяет сделать вывод, что в настоящее время отсутствуют системы очистки сточных вод, удовлетворяющие сформулированным в настоящей главе требованиям для систем очистки сточных вод для морских оффшорных объектов. Анализ показал, что для решения поставленных задач, необходимо разработать и применить новые нестандартные технические решения, для чего необходимо разработать и применить технологию поиска и создания новых охраноспособных технических решений. В указанных условиях целесообразно использовать комплексный метод создания новых технических конструкций и методов в области очистки и обеззараживания сточных вод систем водоочистки для морских оффшорных объектов (метод инверсии международной патентной классификации), позволяющий эффективно подбирать перспективные для применения и дальнейшего совершенствования передовые технические решения (прототипы) и производить разработку новых решений на уровне лучших мировых аналогов и выше.

Таблица 2.4 – Блочно-модульные установки биологической очистки сточных вод малой производительности

Наименование установки	Производительности установок, м ³ в сут.	Стадия очистки				
		Фильтрация	Аэрация	Осветление и доочистка	Обработка осадков	Дезинфекция воды
Техносфера БИО	10-50	Решетка-первичный отстойник (усреднитель)	Денитрификация смещением с активным илом – аэротенк продолженной аэрации	Вторичный отстойник – фильтрующая загрузка	Обратная подача активного ила и мех.удаление	Обработка ультрафиолетом
БИОС-10	10	Решетка-песколовка-мешки для осадка	Денитрификация смещением с активным илом – аэротенк продолженной аэрации	Вторичный отстойник – фильтрующая загрузка	Обратная подача активного ила и минерализация	Обработка ультрафиолетом
БТФ	3-150	Решетка-песколовка	Мелкопузырчатая аэрация и плоско-стная загрузка	Отстойник и блок доочистки	Модуль обработки осадка	Обработка ультрафиолетом
ЭВИ-БИО	25-150	Песколовка-усреднитель	Денитрификация на загрузке- биотенк	Отстойник-доочистка на биофилтре и биосорбере	Обезвоживание	Обработка ультрафиолетом
АКВА ЭРА	20-800	Гидроциклон-первичный отстойник	Аэротенк	Отстойник-доочистка на биофилтрах	Обезвоживание	Обработка ультрафиолетом
Resetilov un Co ККВ.9	27-700	Коагулятор-первичный отстойник-мешки для осадка	Нитрификация-денитрификация на загрузках	Фильтрация на биозагрузке-отстойник с коагуляцией	Возвратный ил	Нет
УКОС-БИО-Ф	96-240	Усреднитель-накопитель-отстойник	Биотенк с зонами нитрификации и денитрификации-биодеструктор	Фильтрация на пеностироле с реагентной дефосфотизацией	Обезвоживание	Обработка ультрафиолетом
УКОС-БИО-Ф МИНИ	24-72	Усреднитель-накопитель-отстойник	Биотенк с зонами нитрификации и денитрификации-биодеструктор	Фильтрация на пеностироле с реагентной дефосфотизацией	Обезвоживание мешки	Обработка ультрафиолетом

Выводы по второй главе

1. Системы очистки сточных вод, удовлетворяющие сформулированным в настоящей главе требованиям для систем очистки сточных вод для морских оффшорных объектов, в настоящее время, отсутствуют.

2. Выбор системы очистки сточных вод на судне или оффшорном объекте определяется районом эксплуатации, условиями эксплуатации, численностью экипажа и законодательством (установленными нормативами сброса).

3. Пространственные ограничения на морских объектах решающим критерием выбора установки являются ее габариты.

4. Номенклатура показателей по которым контролируется степень очистки сточных вод в документах ИМО, санитарных правилах, правилах речного и морского Регистра совпадает, однако величины этих показателей различны.

5. Несоответствие требование российских и международных документов к степени очистки судовых сточных вод обусловлено наличием нескольких систем нормирования и контроля состояния водной среды и степени ее загрязнения в РФ, не обеспеченных эффективной схемой взаимодействия.

6. Разработка методов и систем очистки сточных вод до показателей качества прибрежных морских вод, а также установок, отвечающих техническим требованиям к судовым установкам, даст возможность обеспечивать сброс судовых сточных вод в любом районе эксплуатации объекта.

7. Предотвращение загрязнения морской среды сточными водами суда обеспечивают одним из следующих видов оборудования: установкой для обработки сточных вод и сборной цистерной для необработанных сточных вод, активного ила или шлама; установкой для измельчения крупных фракций и обеззараживания сточных вод и сборными цистернами или только сборными цистернами. Конвенцией МАРПОЛ и РМРС не регламентируется какой именно вид оборудования следует разместить на той или иной тип судна или морскую платформу.

8. Особенность климата Арктики – отрицательные температуры при наличии ледяного покрова, длительные сроки восстановления биоценоза, в случае его нарушения в результате деятельности человека.

9. Судовые установки очистки сточных вод являются сооружениями малой производительности и эксплуатируются в режиме периодического технологического контроля и обслуживания оборудования.

10. Универсального метода очистки, который может удовлетворить всем необходимым критериям ни в нормативных актах, научных и научно-технических источниках выявить не представилось возможным.

11. Необходимо обосновать состав средств очистки сточных вод и произвести их типизацию, а также разработать ТУ на такие системы.

12. Сравнительный анализ показал, что применительно к оффшорным сооружениям из существующих установок очистки сточных вод, аналогом может служить система «Bio-Master» (Германия).

13. За основу для систем очистки сточных вод для оффшорных объектов в Арктике можно взять ряд унифицированных по объему установок, предназначенных для судов производительностью от 5 до 200 м³/сутки, при этом, с учетом рассмотренных особенностей к требованиям сброса к подобным сооружениям технология очистки сточных вод на оффшорных объектах должна включать удаление биогенных элементов азота и фосфора, которые не учитываются при работе существующих судовых установок очистки сточных вод.

Глава 3 Создание систем обработки сточных вод для морских объектов в Арктике

3.1 Специальные технические условия на проектирование и строительство систем очистки, обеззараживания и утилизации сточных вод для морских объектов

Нормативные документы по вопросам проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации систем обработки сточных вод оффшорных объектов, а также их эксплуатации, практически отсутствуют.

Для устранения указанного недостатка был выполнен анализ основных требований и расчет основных параметров, исходя из необходимости получения ответа на следующие вопросы:

- а) уточнение допустимого состава и количества загрязнений, содержащихся в сбрасываемой воде;
- б) учет рекомендуемого запаса (расходами) пресной воды на одного члена экипажа для различных сооружений;
- в) учет специфики архитектурно-конструктивных типов нефтегазодобывающих платформ и морских терминалов, влияющих на выбор технических решений по рассматриваемым системам;
- г) учет специфики арктических, северных и внутренних морей в плане охраны фауны и флоры морей, на шельфе которых устанавливаются платформы;
- д) учет опыта использования установок различного типа на судах и оффшорных сооружениях.

В результате был создан проект специальных технических условий на проектирование и строительство систем очистки, обеззараживания и утилизации сточных вод оффшорных объектов на основе использования современных технологий [94].

В настоящее время морские суда и платформы различного назначения оснащаются установками очистки сточных вод в соответствии с требованиями очистки в соответствии с Резолюцией ИМО МЕРС 159 (55) [36].

В случае рассмотрения внутренних морей вопросы сброса или запрета сброса очищенных сточных вод могут решаться на уровне прибрежных государств, например, Комиссией ХЕЛКОМ для Балтийского моря. В общем случае Санитарные правила и нормы определяют степень допустимого воздействия на водный объект и разрабатываются для привноса химических и взвешенных веществ, радиоактивных веществ, микроорганизмов, тепла, а также сброса воды, забор (изъятие) водных ресурсов.

В целом же при решении вопросов водного статуса оффшорных сооружений следует руководствоваться «Водным кодексом Российской Федерации» [18], что не исключает принятия более жестких мер к сохранению водного режима в районе установки упомянутых сооружений, например требования ХЕЛКОМ и СанПиН 2.1.5.2582-10 [87,88] которые большое значение уделяют очистке воды от биогенных элементов - соединений азота и фосфора. Приказом Минприроды России от 12 декабря 2007 г. № 333 была утверждена «Методика разработки допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты водопользователей» [37].

Учитывая необходимость обеспечения высоких требований к чистоте воды вокруг стационарных платформ, особенно в условиях Арктики – ужесточение нормативов сброса загрязняющих веществ, включая вопросы нормирования по соединениям азота и фосфора, соединениям хлора должно быть учтено при создании современных установок очистки сточных вод. Актуальным также остается вопрос поиска новых средств и методов обеззараживания сточных вод от микроорганизмов, без применения хлорсодержащих реагентов.

К установкам очистки сточных вод должны предъявляться следующие требования:

- 1) По сбросу загрязняющих веществ

По результатам анализа требований указанных выше нормативных актов, был подготовлен вариант расширенных и уточненных требований к показателям сбрасываемых сточных вод с нефтегазодобывающих платформ и морских терминалов приведенных в таблице 3.1;

Таблица 3.1 – Требования к показателям сбрасываемых сточных вод с нефтегазодобывающих платформ и морских терминалов

Показатели сбрасываемых сточных вод		Нормативный документ
Наименование	Параметр	
1	2	3
Плавающие примеси	Отсутствие необычных для морской воды плавающих веществ на поверхности и в верхнем слое воды (в т.ч. пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей)	СанПиН 2.1.5.2582-10
Запахи	Вода не должна приобретать необычные для морской воды запахи интенсивностью более 2 баллов	СанПиН 2.1.5.2582-10
Температура	Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3°C по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	СанПиН 2.1.5.2582-10
Водородный показатель (pH)	6,5 - 8,5	СанПиН 2.1.5.2582-10
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/дм ³ в любой период года, в пробе, отобранной до 12 часов дня	
Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	2 мг O ₂ /дм ³	СанПиН 2.1.5.2582-10
Химическое потребление кислорода (ХПК)	15 мг O ₂ /дм ³	СанПиН 2.1.5.2582-10
Хлор остаточный суммарный	Отсутствие	СанПиН 2.1.5.2582-10
Химические вещества	Не должны превышать ПДК или ОДУ для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования	СанПиН 2.1.5.2582-10
Вещества природного происхождения, содержащиеся в морской воде в количествах, превышающих нормативы	Увеличение или уменьшение фоновых концентраций более чем на 0,5 ПДК	СанПиН 2.1.5.2582-10

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
Взвешенные вещества	Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на 0,75мг/дм ³	СанПиН 2.1.5.980-00
Общие колиформные бактерии	КОЕ/100мл<100	СанПиН 2.1.5.2582-10
Общие колиформные бактерии	Не более 1000КОЕ/100мл	Приказ МПР № 328
E.coli	КОЕ/100мл<10	СанПиН 2.1.5.2582-10
Термолерантные колиформные бактерии	не более 100 термотолерантных кишечных палочек/ 100 мл)	ИМО МЕРС.159(55)
Термолерантные колиформные бактерии	не более 100 КОЕ/ 100 мл)	Приказ МПР № 328
Колифаги	КОЕ/100мл<10	СанПиН 2.1.5.2582-10
Колифаги	БОЕ/100мл<10	Приказ МПР № 328
Энтерококки*	КОЕ/100мл<10	СанПиН 2.1.5.2582-10
Стафилококки	-	СанПиН 2.1.5.2582-10

2) По производительности

Производительность установки для очистки и обеззараживания сточных вод следует рассчитывать с учетом расхода сточных вод, приходящийся на одного человека. В настоящее время применительно к оффшорным сооружениям действуют Санитарные нормы для плавучих буровых установок (ПБУ) [89]. Эти нормы, по аналогии с Правилами МРС классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ [83] должны были быть распространены и на другие типы оффшорных сооружений и доработаны с учетом современных требований отечественных и международных документов, включая Резолюцию ИМО МЕРС 159(55) [142].

В соответствии с Санитарными правилами для ПБУ [89] минимальное количество сточных и хозяйственно-бытовых вод на одного человека в сутки следует рассчитывать исходя из норм: сточные (фекальные) воды - 50 л,

хозяйственно-бытовые - 150 л, т. е. 200 литров в день на одного человека. В то же время ISO/FDIS 15748-2:2002(E) для оффшорных сооружений, независимо от типа системы сбора туалетных вод (обычная-гравитационная или вакуумная), на одного члена экипажа в день рекомендуется иметь запас питьевой воды - 350 литров).

При расчетах параметров оффшорных объектов было учтено, что запасы питьевой воды отличаются от расходов воды в сточных системах (на 50 литров меньше рекомендуемых расходов).

Анализ данных о запасах питьевой воды на одного человека для самоподъемных буровых установок (СПБУ), построенных в период с 1994 по 2004 годы, показывают, что за рубежом наблюдается тенденция роста запасов воды.

Следует также учитывать что, запасы питьевой воды отличаются от реальных расходов сточной воды. Это видно из Санитарных норм для ПБУ, из которых следует, запасы этой воды на человека на 50 литров меньше рекомендуемых расходов (200 и 250 литров).

Безусловно, что расходы воды связаны со спецификой морских сооружений и их нахождения в том или ином регионе.

Исходя из вышеизложенного, с учетом численности экипажей оффшорных сооружений и их назначения были приняты значения производительности установок для очистки и обеззараживания сточных вод, которые приведенные в таблице 3.2;

Таблица 3.2 – Рекомендуемая производительность установок очистки сточных вод для оффшорных объектов

Тип оффшорного объекта	Производительность, м ³ в сутки	Количество человек
Отгрузочные терминалы и промежуточные платформы для обслуживания вертолетов, а также малые и средние суда	2,5	10-15

Продолжение таблицы 3.2

Тип оффшорного объекта	Производительность, м ³ в сутки	Количество человек
Промежуточные платформы для обслуживания вертолетов, транспортные суда, суда технического флота	5	20 – 25
Буровые платформы и морские суда специального назначения	10	30 - 50
Буровые платформы и морские суда специального назначения	20	75 - 100
буровые и нефтегазодобывающие платформы, суда-трубоукладчики	50	150 - 250

3) По унификации

При разработке СТУ нами была сделана попытка типизировать и нормализовать технические решения, связанные с рекомендациями по размещению и по дублированию установок на рассматриваемых объектах. Это касалось, прежде всего, учета и специфики архитектурно-конструктивных типов платформ.

Это относится также к различным в эксплуатации стационарных и нестационарных платформ (в том числе, типа FSPO), стационарных платформ с отдельным жилым модулем и т. д.

Обсуждение этих вопросов со специалистами показало, что при отсутствии достаточного опыта в данной области в настоящее время нормирование этих вопросов преждевременно. Выпущенные в 2011 году Правила проектирования систем сточных вод [52], разработанные с учетом требований группы стандартов ISO 15749 2004, ISO 15748 2002 года по проектированию сточных систем судов и морских сооружений [51, 101], в которых основное внимание уделено собственно системам сбора и сброса сточных вод, достаточно полно учитывают и специфику рассматриваемых морских сооружений и могут быть рекомендованы в этой части для проектирования НГДП и МОТ;

4) По методам очистки

В судовых системах сточных вод, по результатам сделанного анализа в главе 1 настоящей работы, реализуются 3 основных вида процессов очистки и

обеззараживания сточных вод: физико-химические, биохимические и биомембранные, каждый из которых обладает своими достоинствами и недостатками. На платформе «Приразломная» используется комплекс установок, основанный на процессах первого и второго вида. Кроме того, в настоящее время некоторые отечественные оффшорные сооружения оборудуются установками ОСВ фирмы «Bio-Master» (Германия), основанными на процессах третьего рода.

Выполненный выше сопоставительный анализ современных судовых установок показал, что применительно к оффшорным сооружениям наиболее предпочтительнее являются система указанной фирмы или аналоги. В настоящее время она выпускает установку «Biological Sewage Treatment System DVZ – JZR» [129], которая имеет существенное отличие от обычных систем, применяемых ранее. Прежде всего, она включает блок аэрации (Jet-Zone-Reactor (JZR)) и блок сепарации биомассы (BMSU). Подача кислорода, необходимого для микроорганизмов, обеспечивается по принципу его инъекции в сточные воды. Биомасса отделяется от воды разработанным фирмой DVZ мембранным модулем (DVZBMSU). Следует отметить, что биомембранные технологии находят все большее применение как в малых, так и больших водоочистных сооружениях производительностью до 30 тыс. м³/сутки.

Учитывая сформулированные выше требования к разрабатываемой системе очистки и обеззараживания сточных вод для морских оффшорных объектов, а также обобщенного опыта эксплуатации известных судовых систем очистки сточных вод и отдельных их узлов и блоков, в частности узлов биологической очистки, узлов мембранно-биологических реакторов, и опыта эксплуатации очистных сооружений г. Сестрорецка и других сооружений в качестве перспективной модельной технологии в работе целесообразно применение комбинированной технологии глубокой биологической очистки сточных вод анаэробно-аноксидно-оксидной обработки с отстойником-ферментатором, мембранно-биологическим реактором и биологическим (безреагентным) удалением фосфора.

Процесс мембранно-биологической очистки (МБР) является одновременно биологическим способом очистки и способом мембранной фильтрации, представляющего собой совмещение двух способов очистки – классического способа биологической очистки, например технологии Кейптаунского университета (UCT - University of Cape Town) и технологии мембранной фильтрации. Объединение двух процессов позволяет совместить достоинства обоих способов в одном.

В результате анализа структуры МПК с целью поиска и отбора перспективных технических решений были выделены и проведены патентные исследования по следующим направлениям:

а) Мембранные биореакторы в системах очистки сточных вод

Предметом исследования являлись мембранные биореакторы для очистки сточных вод. Задача исследования состояла в отборе наиболее перспективных технических решений, относящихся к предмету поиска. География и глубина поиска не ограничивались.

Исследования проводились по следующим направлениям:

- C02F1/00 Обработка воды, промышленных или бытовых сточных вод;
- C02F1/44 диализом, осмосом или обратным осмосом;
- C02F3/00 Биологическая обработка воды, промышленных или бытовых сточных вод;
- C02F3/02 аэробные способы;
- C02F3/06 с использованием погруженных фильтров;
- C02F3/08 с использованием подвижных контактных тел;
- C02F3/12 процессы активированного отстоя;
- C02F3/30 аэробными способами в сочетании с анаэробными;
- B01D63/00 Устройства вообще, предназначенные для процессов разделения с помощью полупроницаемых мембран;
- B01D63/02 мембранные элементы из полых волокон;
- B01D63/04 несколько мембранных элементов из полых волокон;
- B01D63/06 трубчатые мембранные элементы;

- B01D63/08 плоские мембранные элементы.

Согласно анализу основных направлений разработок в данной области техники главным направлением усовершенствования мембранных биореакторов является предотвращение забивания мембранного биореактора или быстрая и эффективная периодическая его очистка. Для достижения указанной цели существует различные подходы, среди которых наиболее распространенным является очистка поверхности мембран при помощи аэрации или обратной промывки, в связи с чем большое число документов посвящено созданию мембранных биореакторов с наиболее оптимальным расположением аэраторов и режимов аэрации;

б) Применение мембранных биологических реакторов для анаэробно-аноксидной обработки сточных вод

Задача исследования заключалась в изучении и отборе наиболее перспективных способов применения мембранных биологических реакторов для анаэробно-аноксидной обработки сточных вод. Предметом исследования являлись способы применения мембранных биологических реакторов для анаэробно-аноксидной обработки сточных вод и мембранные биологические реакторы, способные функционировать в анаэробно-аноксидных условиях. География и глубина поиска не ограничивались.

Исследования проведены по следующим направлениям:

- C02F1/00 Обработка воды, промышленных или бытовых сточных вод;
- C02F1/44 диализом, осмосом или обратным осмосом;
- C02F3/00 Биологическая обработка воды, промышленных или бытовых сточных вод;
- C02F3/06 с использованием погруженных фильтров;
- C02F3/28 способами анаэробного вываривания;
- C02F3/30 аэробными способами в сочетании с анаэробными;
- B01D61/00 Способы разделения, использующие полупроницаемые мембраны, например диализ, осмос или ультрафильтрация; устройства,

вспомогательные принадлежности или операции, специально предназначенные для этих целей;

- B01D61/14 ультрафильтрация; микрофильтрация;
- B01D61/18 устройства для этих целей;
- B01D61/22 управление или регулирование.

В результате проведенных исследований было найдено относительно небольшое количество релевантных документов, при этом отечественных документов не найдено. Можно отметить разработку германских инженеров полностью анаэробного септика, основным компонентом которого является мембранный безнасосный биореактор.[138] Стоит отметить, что в реакторе в качестве основного компонента используются вращающиеся диски с керамическими мембранами, движение которых препятствует образованию бактериальных плёнок. Известна двухфазная анаэробная мембранная биосистема для очистки сточных вод бумажной фабрики» [130], в которой представлены результаты исследования процесса очистки сточных вод бумажной фабрики, путем комбинирования обычной двухфазной анаэробной биосистемы с мембранной сепарацией.

Анализ отобранных патентов и заявок показал, что все технические решения можно условно разделить на биореакторы, в которых мембрана расположена непосредственно в анаэробной зоне, и биореакторы, в которых мембранный блок следует за анаэробной зоной обычного биологического реактора.

Отдельное направление, которое можно выделить в исследуемой области техники, заключается в использовании МБР для процесса Anammox. Подобные технические решения предложены в патентах Китая (CN101704576, CN102432097, CN101962225 CN102061281), где предлагается способ быстрого развития процесса анаэробного окисления аммония. Инокуляция активного ила в МБР, наполнитель для развития иммобилизации биомассы, особый температурный режим. Суспендированный наполнитель добавлен в биореактор,

благодаря чему ил задерживается в реакторе, обеспечивается необходимая биомасса и анаэробный процесс окисления аммония быстро начинается;

в) Способы применения мембранных биологических реакторов для доочистки сточных вод в системах водоотведения

Задача исследования заключалась в изучении и определении уровня техники способов применения мембранных биологических реакторов для доочистки сточных вод. Предметом исследования являлись способы применения мембранных биологических реакторов для доочистки сточных вод. Стоит обратить внимание, что не рассматривались технические решения, в которых МБР используется на стадии основной биологической очистки сточных вод. География и глубина поиска не ограничивались.

Исследования проведены по направлениям, указанным в пункте а).

Один из самых экономичных и гибких способов доочистки сточных вод с применением МБР, стоит отметить метод, предлагаемый в патенте США (US7435340), предусматривающий деление поступающих на очистные сооружения сточных вод на два потока, их отдельную обработку в МБР и традиционной биологической системе и обратное смешение перед сбросом. Имеется достаточное количество примеров практической реализации технологии МБР для доочистки сточных вод, например компания WEHRLE Umwelt GmbH предлагает технологию BIOMEMBRAT® plus для внедрения на предприятия с прямым сбросом стоков в водный объект, где строгие нормы на сброс, а также на предприятиях с замкнутым водооборотным циклом;

г) Узлы фильтрации мембранных установок очистки сточных вод

Задача исследования заключалась в изучении и в отборе наиболее перспективных технических решений узлов фильтрации мембранных установок очистки сточных вод .

Предметом исследования являлись способы узлов фильтрации мембранных установок очистки сточных вод. География поиска не ограничивалась. Глубина поиска составляла 20 лет, что достаточно для достижения поставленных задач.

Исследования проведены по следующим направлениям:

- B01D61/00 - Способы разделения, использующие полупроницаемые мембраны, например диализ, осмос или ультрафильтрация; устройства, вспомогательные принадлежности или операции, специально предназначенные для этих целей;

- B01D61/14 - ультрафильтрация; микрофильтрация;

- B01D61/18 - устройства для этих целей;

- B01D61/58 - многоступенчатые способы;

- B01D63/00 - Устройства вообще, предназначенные для процессов разделения с помощью полупроницаемых мембран;

- B01D63/02 - мембранные элементы из полых волокон;

- B01D63/04 - несколько мембранных элементов из полых волокон;

- B01D63/06 - трубчатые мембранные элементы;

- B01D63/08 - плоские мембранные элементы;

- B01D63/10 - спирально намотанные мембранные элементы;

- B01D63/12 - несколько спирально намотанных мембранных элементов;

- B01D63/14 - мембранные элементы складчатого типа;

- B01D63/16 - элементы, совершающие вращательное, возвратно-поступательное или колебательное движение;

- B01D29/00 - Фильтры с фильтрующими элементами неподвижными в процессе фильтрования, например фильтры, работающие под давлением или путем отсасывания;

- B01D29/01 - с плоскими фильтрующими элементами;

- C02F1/00 - Обработка воды, промышленных или бытовых сточных вод;

- C02F1/44 - диализом, осмосом или обратным осмосом;

- C02F9/00 - Многоступенчатая обработка воды, промышленных или бытовых сточных вод;

- C02F9/02 - включающая ступень разделения.

Установлено, что мембранные установки имеют основные четыре типа, различающиеся по способу расположения мембран:

- установки с плоскими мембранными элементами;

- установки с трубчатыми мембранными элементами;
- установки с мембранными элементами рулонного типа;
- установки с полуволоконными мембранами.

Применяемые для фильтрации пористые материалы состоят, например, из керамики или полимерных мембран, например из полиэтилена, полипропилена, полиэфирсульфона и т.п. Размер пор мембран может лежать в диапазоне 0.001-1 мкм. При мембранном фильтровании различают три способа: «Dead end», «Crossflow» и «Submerged». При мембранном фильтровании для обработки воды или сточных вод применяют обычно способ «Submerged», при котором мембрану погружают в очищаемую жидкость;

г) Способы химической регенерации мембранных биологических реакторов

Предметом исследования являлись способы химической регенерации мембранных биологических реакторов. Задача состоит в отборе наиболее перспективных технических решений, относящихся к предмету поиска. География и глубина поиска не ограничивались.

Исследования проведены по направлениям, указанным в пункте а).

Основное количество изобретений предлагают использовать щелочной раствор гипохлорита натрия, так как он сильнейший окислитель, предлагается также использовать современные сухие препараты моноперсульфата калия.

Основное количество изобретений относится к способу оперативного контроля загрязнения мембраны в мембранном биореакторе. Метод оперативного контроля загрязнения мембраны включает контроль гидродинамики и он-лайн химическую очистку. Условием для химической очистки он-лайн является то, что транс-мембранное давление увеличивается от 1,0 до 1,5 м и что период очистки составляет от 120 до 150 мин.

Имеют большую перспективу способы очистки, применяющие сжатие и встряхивание полых мембранных волокон с помощью подачи воздуха (CN102485329, CN102397752).

д) Способы снижения энергопотребления мембранных биореакторов

Предметом исследования являлись способы снижения энергопотребления мембранных биореакторов и мембранные биореакторы, обладающие меньшим энергопотреблением. Задача состояла в отборе наиболее перспективных технических решений. География и глубина поиска не ограничивались.

Исследования проведены по направлениям, указанным в пункте а).

В целом проведенный анализ показал, что наиболее распространенным подходом к снижению энергопотребления мембранных биореакторов является уменьшение объемов аэрации.

В результате анализа патентного материала определено, что основным подходом к снижению энергопотребления мембранных биореакторов является уменьшение объемов аэрации;

е) Применение керамических мембран для ультра- и микрофльтрации в процессах водоподготовки и очистки сточных вод

Предметом исследования являлись способы и устройства, в которых керамические мембраны применяются для ультра- и микрофльтрации в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. Задача исследования состояла в отборе наиболее перспективных технических решений, относящихся к предмету. География поиска не ограничивалась, глубина поиска составляла 20 лет.

Исследования проведены по следующим направлениям:

- B01D61/00 Способы разделения, использующие полупроницаемые мембраны, например диализ, осмос или ультрафльтрация; устройства, вспомогательные принадлежности или операции, специально предназначенные для этих целей;

- B01D61/14 ультрафльтрация; микрофльтрация;

- B01D63/00 Устройства вообще, предназначенные для процессов разделения с помощью полупроницаемых мембран;

- B01D63/06 трубчатые мембранные элементы;

- B01D63/08 плоские мембранные элементы;

- B01D71/00 Полупроницаемые мембраны для процессов разделения или устройств, отличающиеся материалом для их изготовления; способы изготовления, специально предназначенные для этих целей;

- B01D71/02 неорганический материал;

- C02F1/00 Обработка воды, промышленных или бытовых сточных вод;

- C02F1/44 диализом, осмосом или обратным осмосом.

Большинство рассматриваемых патентов относится к способу применения мембран и особенностям их установки, крепления и т. д., а другая часть к способам изготовления мембран.

Интерес вызывают патенты, в которых предлагается улучшение удаления осадка (CN203007023, CN103112972, CN201125190) и процесса обратной промывки керамических мембран, в том числе водо-воздушной промывки (CN202193695, KR101342689, DE10201201221).

Применение мембранной фильтрации для конкретных процессов (CN202590632, CN202021016, RU2397802 CN202449947, CN103349859, CN201046358) и для обеззараживания балластных вод на корабле (CN201321158, CN1872704) имеет большое значение.

Часто керамические мембранные модули представляют аварийное оборудование питьевого водоснабжения (CN203284265U, CN102424497, RU2155165).

Керамические мембранные модули с успехом можно использовать для очистки сточных вод на кораблях;

е) Альтернативные способы очистки поверхности мембран в мембранных биологических реактора

Предметом исследования являются способы очистки поверхности мембран в МБР за исключением способов, основанных на аэрации, обратной промывке и стандартной химической промывке. Задача исследования состояла в отборе наиболее перспективных технических решений, относящихся к предмету исследования. География и глубина поиска не ограничивались.

Исследования проведены по следующим направлениям:

- B01D65/00 Вспомогательные устройства или вспомогательные операции вообще для процессов разделения или устройств, использующих полупроницаемые мембраны;
- B01D65/02 чистка или стерилизация мембран;
- B01D65/04 с использованием подвижных тел, например вспененных шариков;
- B01D65/06 с использованием специальных моющих составов;
- B01D65/08 предотвращение загрязнения мембран или концентрационной поляризации.

Поскольку мембраны задерживают все взвешенные вещества, а также частично полисахариды и протеины, концентрация этих веществ в биореакторе возрастает, что вызывает повышение сопротивления образующихся осадков. Увеличение возраста ила способствует уменьшению загрязнения мембран за счет снижения содержания полисахаридов в иле. Отмечается также, что в условиях недостаточного питания адгезия клеток активного ила на поверхности мембран становится ниже.

По мнению ряда исследователей, явление адгезии бактерий на поверхности мембран и дальнейший их рост способствует уменьшению необратимого загрязнения мембран другими компонентами и дополнительной доочистке сточной воды.

Как правило, размер флоккул активного ила в МБР ниже, чем в обычных сооружениях – аэротенках, причем количество частиц меньшего размера повышается с увеличением возраста ила.

Поскольку мембраны, в особенности волокнистые, представляют собой, по сути, «ловушку» для плавающих примесей и крупной взвеси, то наличие в воде подобных примесей недопустимо. Учитывая, что МБР работают без первичного отстаивания, повышаются требования к решеткам – рекомендуется устанавливать решетки (сетки) с прозорами не более 1 мм, а лучше 0,5 мм.

Для восстановления проницаемости мембран при эксплуатации МБР традиционно применяется аэрация, обратная промывка чистой водой и обработка

растворами реагентов, в основном, окислителями – так называемая химическая промывка. Применяемые реагенты – гипохлорит натрия концентрацией 0,2 – 1% или лимонная кислота (0,2 – 0,3 %).

Дополнительно могут использоваться едкий натр, соляная кислота, различные детергенты и комплексообразователи. Периодичность этой процедуры составляет в среднем 1 раз в несколько месяцев. Профилактическая обработка гипохлоритом натрия может осуществляться более регулярно – несколько раз в месяц.

Анализ показывает, что весь исследуемый материал можно условно разделить по двум направлениям:

- способы очистки мембран от уже образовавшихся загрязнений, представлены в таблице 3.3;
- способы предотвращения формирования осадка на поверхности мембран, представлены в таблице 3.4.

Среди каждого направления для достижения технического результата предложено несколько подходов. В ы таблицы, в которых весь отобранный материал систематизирован согласно предлагаемым в изобретениях подходам.

Таблица 3.3 – Способы очистки поверхности мембран в МБР

Способы и методы очистки мембран	Патентные документы
Использование ультразвука	RU2462298, CN1621359, CN102145962, CN102139186, CN201889162, CN102218268
Нестандартная химическая промывка (обработка)	RU2432985, CN102718359, CN101397168
Создание гидродинамических потоков вблизи поверхности мембран	CN101215024, CN201729738, CN201762213, CN201261741
Механическая очистка поверхности мембран	RU2211723, CN102198974, CN101811771, CN101811773
Применение вибраторов, установленных на мембранных элементах	KR20090066025, CN101565232
Добавление в МБР частиц, оказывающих абразивное воздействие на поверхность мембран	JP9024373, CN102553450, US2012118808, WO2009132797, CN201722252
Аэрация мембран не воздухом	CN102642922, CN101935138, CN102502957, AU2011296545

Таблица 3.4 – Способы предотвращения образования осадка на поверхности мембран

Способы предотвращения образования осадка	Патентные документы
Добавление к сточным водам реагентов	RU2199378, KR20090060345, TW201204644, CN102491493
Возврат в МБР стока от осушения осадков свободного от электролитов	RU2321552
Разбавление стоков до объемов, при которых неорганические соединения не осаждаются при фильтрации	RU2004113371
Установка отстойника между резервуарами биологической обработки сточных вод и МБР	CN202131150, CN202193700
Установка в МБР дополнительной мембраны, на которой будет образовываться основной гелеобразный слой	CN101607758
Специальная структура или материал мембраны, способствующая непрерывной ее очистке	CN102107122, CN102452771, CN101503245, CN101391833

Как видно из таблицы 3.3, наибольшее распространение среди альтернативных способов очистки поверхности мембран в МБР получили методы, основанные на использовании ультразвука и добавлении в МБР частичек, оказывающих абразивное воздействие на поверхность мембран. В качестве частичек оказывающих абразивное воздействие на поверхность мембран могут быть использованы: керамический порошок, активированный уголь, частицы из непористого биологически устойчивого полимерного материала и др. Для создания гидродинамических потоков около поверхности мембран могут применяться либо различные вставки, либо вращение самих мембран. При аэрации мембран не воздухом могут использоваться азот, озон, биогаз.

Как видно из таблицы 3.4, среди способов предотвращения образования осадка на поверхности мембран наиболее часто используемыми являются добавление к сточным водам химических реагентов и создание мембран определенной структуры или их изготовление из специального материала, которые способствуют непрерывной очистке мембран. В качестве химических реагентов могут выступать смесь полиаспарагиновых кислот с эмульгаторами, выбранными из группы, включающей алкилсульфонаты и алкоксилаты, катионный полимер, полисульфат железа, добавление соединения кальция.

В результате анализа научно-технической информации по предложенной методике на основе структуры МПК предложена следующая технологическая схема очистки с МБР.

Исходные сточные воды поступают в отстойник-ферментатор, где происходит осаждение взвешенных веществ и ферментация органических загрязнений с образованием летучих жирных кислот (ЛЖК), которые служат источником легко окисляемой органики для процессов денитрификации и процессов биоудаления фосфора фосфат-аккумулирующими организмами. После отстойника-ферментатора сточные воды последовательно проходят очистку в анаэробном, аноксидном, аэробном реакторах и отфильтровываются на мембранах в мембранно-биологическом реакторе. В анаэробной зоне происходит дальнейшая ферментация органических веществ с образованием летучих жирных кислот. В аноксидном реакторе осуществляются биологические процессы денитрификации – восстановление нитратов до молекулярного азота. Источником нитратов служит циркулирующий активный ил, поступающий из оксидного реактора. Лимитирующим фактором процесса денитрификации служит дефицит легко окисляемой органики, содержащейся в исходных сточных водах. Источниками легко окисляемой органики, в том числе ЛЖК, служат отстойник-ферментатор, иловая смесь анаэробного реактора. Органические вещества и соединения азота в аэробных условиях окисляются микроорганизмами до углекислого газа и нитратов. Для поддержания требуемой концентрации активного ила из МБР ил перекачивается в оксидный реактор. Циркулирующий концентрированный активный ил, обогащенный фосфором, из оксидного реактора, направляется в анаэробный реактор, где микроорганизмы *Acinebacter* активно потребляют ЛЖК. В аноксидных и аэробных условиях *Acinebacter* удаляют из сточной воды неорганические фосфаты, которые переходят в энергетические полифосфаты, накапливающиеся в клетках бактерий.

Практическая реализация метода выявления новых технических решений в области очистки и обеззараживания сточных вод позволила разработать

перспективную технологию очистки сточных вод для оффшорных объектов в Арктике.

С учетом отобранных решений «на применение» по МПК, а также обобщенного опыта эксплуатации известных судовых систем очистки сточных вод и отдельных их узлов и блоков, в частности узлов биологической очистки, узлов мембранно-биологических реакторов, и опыта эксплуатации очистных сооружений г. Сестрорецка и других сооружений в качестве перспективной модельной технологии, обосновано применение комбинированной технологии глубокой биологической очистки сточных вод анаэробно-аноксидно-оксидной обработки с отстойником-ферментатором, мембранно-биологическим реактором и биологическим (безреагентным) удалением фосфора.

3.2 Технологический расчет типоразмерного ряда установок очистки сточных вод для стационарных и морских объектов

По результатам проведенного выше анализа было принято допущение, что состав сточных вод судов и морских платформ принимается близким по составу сточных вод городов. С учетом нестабильности качественного состава сточных вод, являющегося основной причиной плохой работы очистных сооружений биологической очистки на судах, в предлагаемой технологической схеме предусмотрен отстойник-ферментатор и мембранно-биологический реактор. Более высокая концентрация стоков позволяет стабилизировать биологические процессы в условиях резкого колебаний расхода. Для расчета типоразмерного ряда предложена методика для расчета типоразмерного ряда установок с анаэробно-аноксидно-оксидной обработкой сточных вод, с отстойником-ферментатором и мембранно-биологическим реактором. Состав сточных вод судов и платформ, при более высокой концентрации стоков, близок по составу к сточным водам населенных пунктов. исходных параметров. Среднестатистические исходные данные для расчета типоразмерного ряда установок очистки сточных вод приведены в таблице 3.5 [112].

Таблица 3.5 – Исходные данные для расчета типоразмерного ряда установок очистки сточных вод

Показатели очистки сточных вод и константы	Значения показателей на входе установки (EN)	Значения показателей на выходе установки (EX)
Аммонийный азот, мг/л	40	0,4
Общий азот, мг/л	60	10
БПК ₅ , мг/л	275	2
БПКполн, мг/л	400	3
K _i	33	
K _o	0,625	
φ	0,07	
CO, мг/л	3	
S	0,3	
T, °C	15	

Методика расчета типоразмерного ряда установок очистки сточных вод включает расчет биологических блоков, усреднителя и мембранного блока.

Расчет анаэробной и аноксидных зон производится по формулам (2,5,7), предложенных профессором Б. Г. Мишуковым:

1) Объем анаэробной зоны $W_{\text{анаэр}}$, м³, рассчитывается по формуле

$$W_{\text{анаэр}} = Q_{\text{ср}} \cdot t_{\text{анаэр}} \quad (1)$$

где $Q_{\text{ср}}$ - средний расход сточных вод для установки, м³/ч;

$t_{\text{анаэр}}$ - продолжительность пребывания сточных вод в анаэробной зоне, ч.

Продолжительность пребывания сточных вод в анаэробной зоне $t_{\text{анаэр}}$, ч, в безреагентном режиме определяется по формуле:

$$t_{\text{анаэр}} = \frac{B(J_p - 0,01)^{0,65}}{(H_{i5})^{0,3} (L_{\text{уд}})^{0,5} \cdot 1,072^{T-15}}, \quad (2)$$

где J_p – содержание фосфора в активном иле, г/г;

H_{i5} – допустимая нагрузка на ил, кг/(кг·сут.) по БПК₅;

$L_{уд}$ – соотношение БПК₅ и концентрации фосфора фосфатов в поступающей на очистку воде, г/г;

T – среднегодовая температура сточных вод, °С;

B – коэффициент, отражающий условия анаэробного, определяемые окислительно-восстановительным потенциалом.

В безреагентном режиме J_p составляет 0,03 г/г, при добавке реагентов продолжительность обработки сокращается до 0,75–1 ч, а значение J_p достигает величины 0,05–0,07 г/г.

При жестком ограничении анаэробной зоны от поступления растворенного кислорода и нитратов значение B принимается равным 40, в обратном случае $B = 60$.

2) Объем аноксидных блоков W_d , м³, рассчитывается по формуле:

$$W_d = \frac{G_{Nd}}{\Gamma_d} \quad (3)$$

где G_{Nd} - масса денитрифицируемого азота, поступающая за 1 час в аноксидный отсек, г.;

Γ_d - объемная скорость денитрификации, г/(м³·ч).

Масса денитрифицируемого азота, поступающая в аноксидный отсек G_{Nd} , г/ч, рассчитывается по формуле

$$G_{Nd} = Q_{cp} \cdot C_{Nd} \quad (4)$$

где C_{Nd} - концентрация денитрифицируемого азота в аноксидном отсеке, мг/л.

В аноксидной зоне для денитрификации существенное значение имеет наличие органического субстрата (источника энергии для восстановления нитратного азота) и начальной концентрации азота нитратов.

Объемная скорость денитрификации r_d , г/(м³·ч), рассчитывается по формуле:

$$r_d = 0,83(L_{уд})^{0,6} (C_{NO_3} R_N)^{0,3} (C_{NO}^{анок})^{0,12} \cdot 1,072^{T-15} \quad (5)$$

где $L_{уд}$ - соотношение БПК₅ к количеству денитрифицированного азота G_{Nd} , свидетельствующее об обеспеченности процесса органическим субстратом (удельная нагрузка по органическому веществу), г/г;

C_{NO_3} - концентрация азота нитратов в аноксидном отсеке, мг/л;

R_N – кратность рециркуляции нитратного потока;

$C_{NO}^{анок}$ – концентрация азота нитратов на выходе из аноксидной зоны, мг/л.

Множитель $C_{NO_3} R_N$ равен количеству денитрифицированного азота G_{Nd} .

3) Объем аэробного блока (нитрификатора) W_n , м³, определяется по формуле:

$$W_n = \frac{Q_{CP} \cdot C_{NH_4}}{r_n} \quad (6)$$

где C_{NH_4} - концентрация нитрифицируемого азота в оксидном отсеке, мг/л;

r_n - объемная скорость нитрификации, г/(м³·ч).

При повышенных дозах ила объемная скорость нитрификации (окислительная мощность) r_n , г/(м³·ч), в аэробной зоне определяется по формуле:

$$r_n = 1,74 \left(\frac{C_{NH_4}^{ex}}{0,55} \right)^{0,25} \left(\frac{C_N^{en}}{20} \right)^{0,5} \left(\frac{a_i}{2} \right)^{0,48} \cdot 1,072^{T-15} \quad (7)$$

где $C_{NH_4}^{ex}$ – концентрация азота аммонийного на выходе установки, мг/л;

C_N^{en} – концентрация азота общего на входе установки, мг/л;

a_i – концентрация активного ила в аэробной зоне, г/л.

4) Объем отстойника-ферментатора (усреднителя) рассчитывается по СНиП 2.04.03-85, либо принимается равным объему анаэробного блока. Объем мембранного отсека определяется размером мембранных блоков и их количеством или принимается равным объему аэробного блока.

5) Объем мембранного блока рассчитывается с учетом требуемых габаритов мембранного модуля или принимается равным объему аэробного блока, при удельной производительности от 20 до 30 л/(м²·ч). Увеличение удельного расхода приводит к более быстрому засорению мембран.

Расчет по предложенной методике применим для основных типов применяемых мембран и произведен для трех рабочих концентраций активного ила: 3 г/л (нормальный показатель); 5 г/л (увеличенный показатель) и 9 г/л (максимальный показатель). Для упрощения выполнения вариантов расчетов составлена программа расчета установок очистки сточных вод.

Пример расчета установки очистки сточных вод производительностью до 10 м³ в сутки приведен в разделе 4.2.2 настоящей работы.

По результатам выполненных расчетов определено, что увеличение дозы активного ила в 2 раза (5 г/л) позволяет уменьшать в 1,5 раза габаритные характеристики очистных сооружений, при этом увеличение дозы активного ила более чем в 3 раза (свыше 8 г/л) не целесообразно.

С учетом габаритных характеристик, для дальнейших исследований был выбран типоразмерный ряд установок очистки сточных вод с рабочей концентрацией активного ила 5 г/л.

Габариты установок очистки сточных вод для рабочих концентраций активного ила 3 г/л и 5 г/л, с учетом увеличения объемов на 25% (поправка на качку) приведены в таблице 3.6 и 3.7.

Таблица 3.6 – Габариты установок очистки сточных вод с концентрацией активного ила 5 г/л и увеличенными расчетными объемами на 25%

Производительность установки очистки сточных вод, м ³ в сутки	Объем блоков установки очистки сточных вод, м ³				Габариты установки очистки сточных, м		
	Усреднитель	Блоки биологич. очистки	МБР	Все блоки	Длина	Ширина	Высота
10	1	4,52	2	7,52	2,5	1,5	2
30	3	13,58	5	21,6	7,2	1,5	2
50	5	22,59	9	36,6	7,3	2,5	2
100	10	45,2	10	65,2	13	2,5	2

Таблица 3.7 – Габариты установок очистки сточных вод с концентрацией активного ила 3 г/л и увеличенными расчетными объемами на 25%

Производительность установки очистки сточных вод, м ³ в сутки	Объем блоков установки очистки сточных вод, м ³				Габариты установки очистки сточных, м		
	Усреднитель	Блоки биологической очистки	МБР	Все блоки	Длина	Ширина	Высота
10	2,5	10,86	3	16,36	3,3	2,5	2
30	3	32,61	5	40,61	8	2,5	2
50	5	54,25	9	68,25	8,5	4	2
100	10	108,6	15	133,6	16,7	4	2

Графики зависимости объемов типоразмерного ряда установок очистки сточных вод и отдельных блоков от производительности, для различных концентраций активного ила представлены на рисунках 3.1 и 3.2. Предложенная технология обеспечивает показатели качества очищенной воды по сбросу в водные объекты культурно-бытового назначения, Резолюции [142].

Расчет апробирован для установок производительностью до 500 м³/сут. По результатам исследований был выбран типоразмерный ряд установок очистки сточных вод с рабочей концентрацией активного ила 5 г/л.

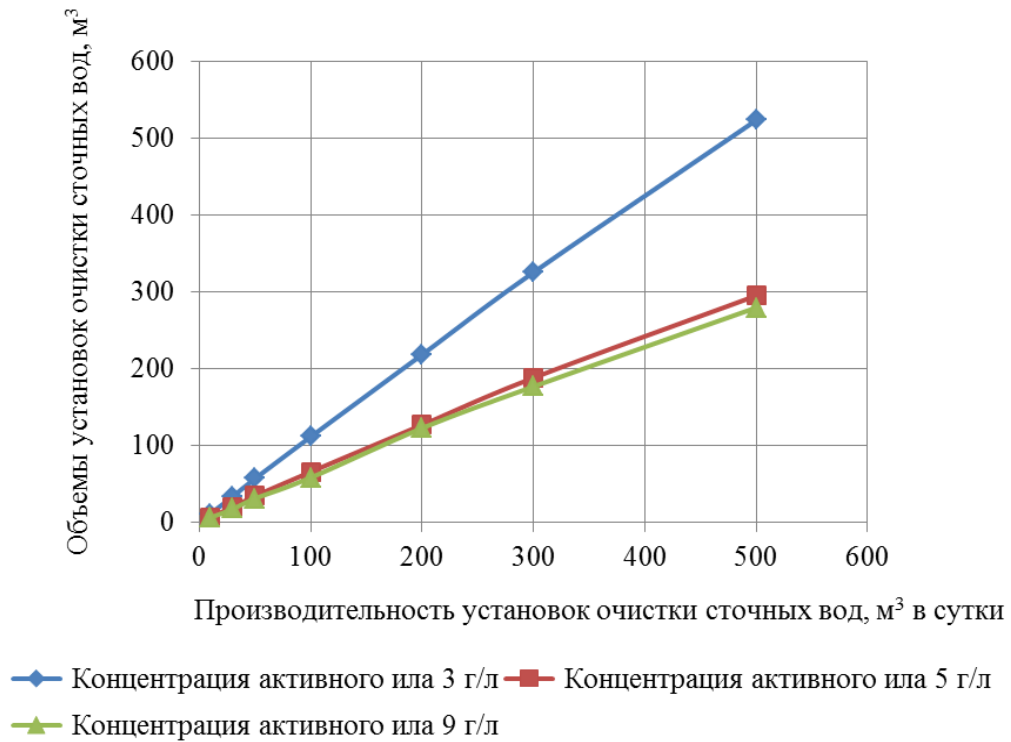


Рисунок 3.1 – Расчетные объемы типоразмерного ряда установок очистки сточных вод, для различных концентраций активного ила

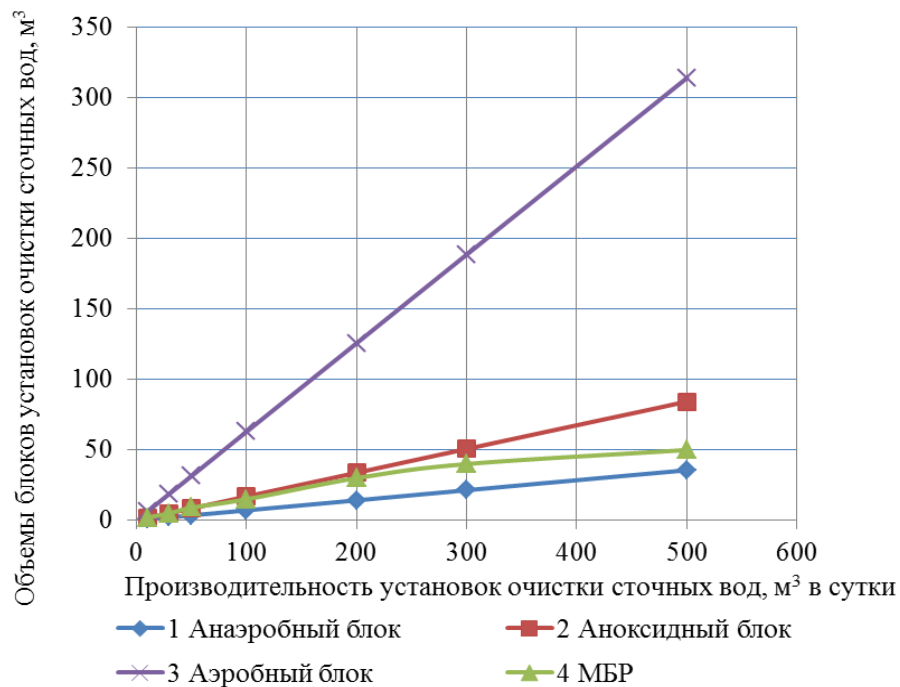


Рисунок 3.2 – Расчетные объемы отдельных блоков типоразмерного ряда установок очистки сточных вод, для различных концентраций активного ила

3.2.1 Специфика очистки сточных вод на морских объектах

Нефтяным компаниям (Газпром, Лукойл, Роснефть, ОСК) для реализации их программ по разработке шельфа до 2030 года потребуется примерно 22 стационарные платформы. Газовому монополисту только для нужд Штокмановского месторождения надо иметь несколько платформ [134].

Особенность охраны окружающей среды для таких оффшорных объектов является тот факт, что некоторые акватории прилегающих арктических морей – места установки оффшорных объектов, являются водными объектами высшей рыбохозяйственной категории. В связи с этим проводимые работы находятся под пристальным вниманием населения, общественных организаций и руководителей округов, природоохранных и рыбохозяйственных органов, федеральных контролирующих организаций. Одной из важнейших задач является обеспечение экологической безопасности работ, в соответствии с установленными нормами и правилами [11].

Буровые работы проводятся при нулевом сбросе. Все отходы бурения – буровой шлам, твердые бытовые отходы – собираются в контейнеры, а нефтесодержащие воды и масла – в емкости, и вывозятся для утилизации. Для бурения применяется буровой раствор на водной основе. Его обработка ведется безопасными химическими реагентами, имеющими предельно-допустимые концентрации (ПДК класса 4) для вод рыбохозяйственных водоемов.

Для компенсации ущерба рыбным запасам разработана и действует программа компенсационных и природоохранных мероприятий, направленных на сохранение экосистем.

При выборе конструкций оффшорных объектов, немаловажным является обоснованный выбор между большим разнообразием вариантов установок, которые могли бы быть использованы на оффшорных сооружениях разработки нового класса установок и их легитимация.

В основу выбора могут быть положены следующие определяющие критерии:

- а) максимальная безопасность эксплуатации установок;
- б) длительное нахождение оффшорных сооружений в море;
- в) минимизация объемов перевозок судами грузов для обеспечения функционирования общесудовых систем, в том числе, и систем сточных вод;
- г) ресурс работы очистных установок должен соответствовать ресурсу самих сооружений;
- д) простота в обслуживании;
- е) потребляемые энергоресурсы;
- ж) занимаемые объемы/площади;
- з) время ввода установок в действие;
- и) номенклатура и объемы запчастей и др.

С учетом перечисленных параметров, можно указать на следующие недостатки применения трех основных технологий на оффшорных объектах.

Для биологической или биохимической технологии – несколько больший, по сравнению с другими, объем, требуемый для их размещения и длительное время ввода их в действие.

Для физико-химической технологии - большие требуемые запасы реагентов и сложность обслуживания, повышенный расход электроэнергии, в некоторых случаях опасность выделения взрывоопасных побочных продуктов, например водорода.

Для биомембранной технологии – проблема регенерации и увеличение срока службы мембранных элементов.

3.2.2 Описание опытного образца установки для очистки сточных вод

В предыдущих разделах были рассмотрены исходные предпосылки для формирования технологической схемы, отвечающей современному уровню развития науки и техники в данной области.

Использование предлагаемой технологии для морских сооружений накладывает определенные требования к техническим решениям по установке

очистки сточных вод для платформ и особенно морских судов. Это касается, помимо обеспечения чистоты сбрасываемых вод, объемов помещений, требующихся для размещения установки очистки сточных.

Как показывают исследования, проведенные в НИИ ВОДГЕО [122], использование мембранно-биологических реакторов позволяет в 2-3 раза уменьшить эти объемы за счет повышения содержания активного ила с 3 г/л, принятого как оптимальный уровень для биологических реакторов, до 6-8 г/л для МБР. При этом несколько усложняется система автоматического управления (САУ) установкой и повышаются требования к системе механической очистки на входе очищаемой воды.

Использование мембран отдельно как дополнительного средства для доочистки воды является менее эффективным.

Другим важным требованием к современным установкам очистки сточных вод является минимизация содержания фосфорных и азотных соединений в сбрасываемых водах.

Реализация этого требования была предусмотрена уже в рамках действующего макета узлов установки очистки сточных вод, но при этом предполагалось использование классических коагулянтов и флокулянтов, что для платформ и судов связано с погрузкой, хранением грузов и дополнительными подготовительными операциями в процессе эксплуатации установок.

Предполагается, что использование анаэробных и аноксидных режимов (пониженное содержание кислорода) при биологической обработке воды позволит снизить содержание упомянутых ингредиентов путем их минерализации и накопления в иле, а также преобразования соединений азота в газообразную форму.

Для приближения к реальным установкам в опытном образце предусмотрена входная емкость – усреднитель состава воды, который может быть использован в качестве отстойника и в качестве дополнительной буферной емкости, позволяющий вместе с верхним пространством технологических секций

сглаживать во времени расход поступающей воды. Принципиальная схема установки приведена на рисунке 3.3.

Технологическая схема биологической очистки сточных вод по трехзонной схеме анаэробно-аноксидно-оксидной обработке, которая ранее применялась только для аэротенков большого объема с дополнительным блоком биомембранной очистки (мембранно-биологическим реактором). Данная схема предполагает биологическое удаление азота и фосфора.

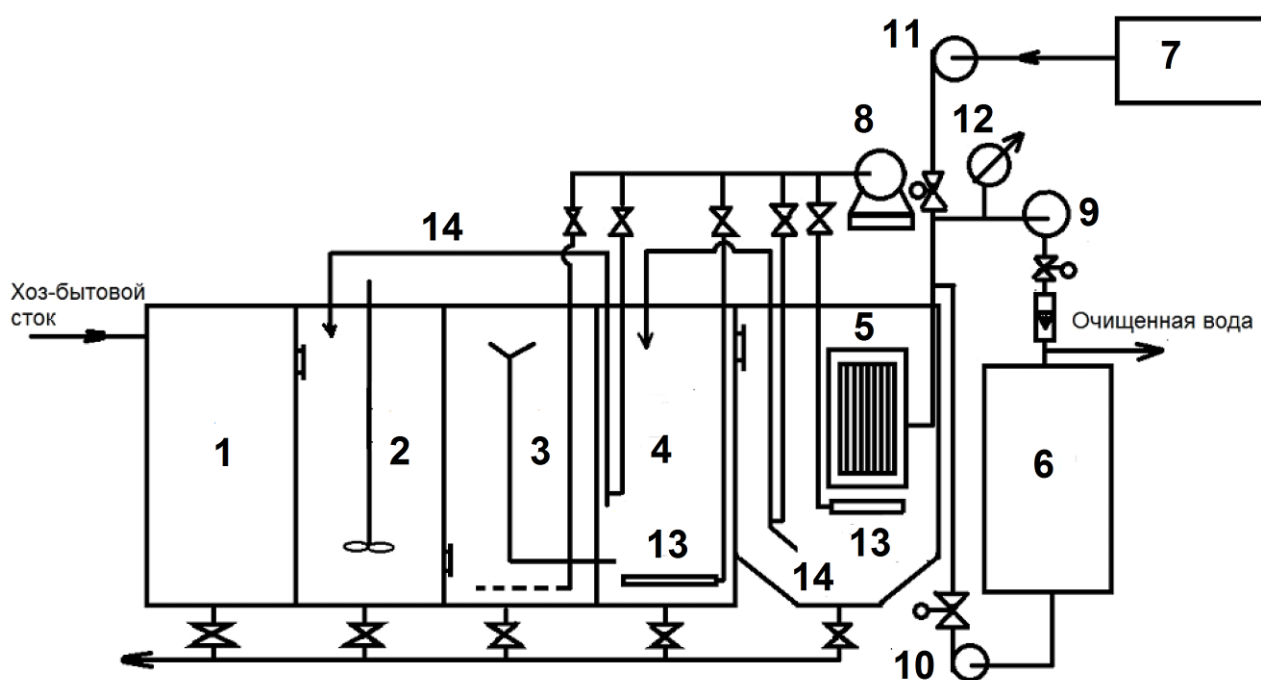


Рисунок 3.3 – Принципиальная технологическая схема установки ОСВ с МБР

1 – отстойник-усреднитель, он же блок механической очистки; 2 - анаэробный блок; 3- аноксидный блок денитрификатор; 4 - оксидный блок- нитрификатор; 5 - блок мембранной фильтрации; 6 - емкость накопления очищенной воды (пермеата) для промывки мембран; 7 - емкость для хранения реагента для химической промывки мембран; 8 - компрессор подачи воздуха; 9 - самовсасывающий насос; 10 - насос обратной промывки мембран; 11 - насос – дозатор подачи химреагента; 12 - вакуумметр; 13 - мелкопузырчатый аэратор; 14 – эрлифты

Сточная вода самотеком поступает в отстойник – усреднитель (1) (блок механической очистки), где происходит осветление сточной воды за счет отделения механических примесей, плавающих и жира. Затем осветленная вода, через механическую решетку или мацератор или барабанный фильтр поступает на биологическую очистку. Из отстойника - усреднителя (1) вода самотеком подается в анаэробный блок (2), где происходит удаление фосфора. Сюда же

подается возвратный активный ил вместе со сточной водой, обогащенной фосфатами и нитратами из оксидного блока (4). Для исключения попадания в анаэробный блок кислорода воздуха и поддержание активного ила во взвешенном состоянии осуществляется циркуляционное перемешивание. Из анаэробного блока сточная вода вместе с илом самотеком через переливное устройство, расположенное под водой, подается в аноксидный блок - денитрификатор (3). В аноксидном блоке осуществляется переход нитратов в молекулярный азот. Перемешивание воды происходит за счет подачи иловой смеси и мембранного блока. Из аноксидного блока (3) сточная вода самотеком через верхнюю воронку поступает в нижнюю часть оксидного блока - нитрификатора (4), где осуществляется переход аммонийного азота в нитраты. Данный блок снабжен мелко пузырьчатым аэратором (13) для постоянного аэрирования активного ила от компрессора (8). Из оксидного блока эрлифтом возвратный активный ил вместе со сточной водой от компрессора (8) подается в анаэробный блок (2). Для поддержания необходимой концентрации активного ила в оксидный блок осуществляется подача возвратного ила эрлифтом от компрессора (8) из мембранного блока (5). Из оксидного блока (4) смесь активного ила подается в блок мембранной фильтрации (5). Блок мембранной фильтрации включает в себя два мембранных модуля. Мембранная фильтрация осуществляется с помощью вакуумного насоса (9). Пермеат после прохождения мембранных модулей по вакуумной линии попадает в емкость очищенной воды (6), либо направляется на выпуск. Вакуумная линия оснащена вакуумметром (12), электромагнитным клапаном и ротаметром. Для предотвращения загрязнения пор мембран и непрерывной работы мембранного блока с помощью компрессора (8) осуществляется подача воздуха в нижнюю часть мембранного блока через мелкопузырчатый аэратор (14). Дополнительная очистка пор мембран осуществляется путем периодической обратной промывкой с помощью насоса обратной промывки (10) включенного в вакуумную линию. Промывка осуществляется из емкости очищенной воды (6). Периодически (раз в три месяца)

осуществляется промывка пор мембран с помощью химического реагента. Работа мембранного блока осуществляется в автоматическом режиме.

В случае необходимости дополнительного обеззараживания из ёмкости сбора очищенной воды (6) может осуществляться подача пермеата в блок обеззараживания. Блок обеззараживания снабжен установкой для получения электрохимически активных растворов класса анолит. Анолит получают из раствора поваренной соли и питьевой воды или морской воды и дозируется непосредственно в линию выпуска очищенной воды. Блок обеззараживания может устанавливаться по согласованию с потребителем. Вместо анолита для обеззараживания воды может быть использована лампа ультрафиолетового облучения, либо применен другой способ обеззараживания.

Поскольку новым является мембранный блок, то предварительно были проведены его испытания, показавшие хорошие результаты, более подробно описанные ниже.

Разработанная на основе указанных требований экспериментальная установка [57] относится к области глубокой очистки бытовых и производственных сточных вод на малогабаритных блокированных установках, в том числе расположенных на нефтегазодобывающих платформах, терминалах и судах. Большинство известных малогабаритных установок производят очистку сточных вод только от органических примесей и не включают процессы изъятия соединений азота и фосфора, удаление которых необходимо осуществлять из сточных вод нефтегазодобывающих платформ, терминалов, и судах.

Выводы по третьей главе

1. В судовых системах очистки сточных вод реализуются биохимические, физико-химические и биомембранные процессы очистки и обеззараживания сточных воды. На платформе «Приразломная» используется комплекс установок, основанный на процессах первого и второго вида.

2. Учитывая необходимость обеспечения высоких требований к чистоте воды вокруг стационарных платформ, особенно в условиях Арктики – ужесточение нормативов сброса загрязняющих веществ, включая вопросы нормирования по соединениям азота и фосфора, соединениям хлора должно быть учтено при создании современных установок ОСВ. Актуальным также остается вопрос поиска новых средств и методов обеззараживания сточных вод от микроорганизмов, без применения хлорсодержащих реагентов.

3. Унификация и типизация технических решений, при отсутствии достаточного опыта в данной области в настоящее время преждевременно.

4. К недостаткам основных технологий, которые могут использоваться на оффшорных объектах можно отнести для биологической или биохимической технологии – несколько больший, по сравнению с другими, объем, требуемый для их размещения и длительное время ввода их в действие; для физико-химической (электро-химической) технологии - большие требуемые запасы реагентов и сложность обслуживания; повышенный расход электроэнергии и опасность выделения водорода.

5. Использование мембранно-биологических реакторов позволяет в 1,5-2 раза уменьшить объемы сооружений за счет повышения содержания активного ила, а также исключения гравитационного отстаивания. Использование мембран отдельно как дополнительного средства для доочистки воды является менее эффективным.

6. Наиболее перспективными для оффшорных сооружений являются гибкие системы ступенчатой биомембранной очистки сточных вод в сочетании с глубокой биологической очисткой, которые повышают эффективность и надежность процесса очистки сточных вод и обеспечивают показатели качества очищенной воды по сбросу в водные объекты культурно-бытового назначения, Резолюции МЭРС.159(55).

7. До настоящего времени в судовых системах не применялась предлагаемая технология мембранно-биологической очистки в сочетании с глубокой

биологической очисткой по трехзонной схеме анаэробно-аноксидно-оксидной обработке.

Глава 4 Экспериментальные исследования и испытания установок очистки сточных вод и ее узлов.

4.1 Исследование и подбор типа мембран для узла мембранной фильтрации установки очистки сточных вод

В главе 3 была описана технология глубокой биологической очистки сточных вод по схеме анаэробно-аноксидно-оксидной обработке с использованием мембранно-биологического реактора.

Основным достоинством использования мембран в сочетании с технологией глубокой биологической очистки, (например биологической очистки сточных вод по трехзонной схеме анаэробно-аноксидно-оксидной обработке), как было показано выше, является высокая степень очистки стоков, возможность максимальной автоматизации процессов, снижение массогабаритных показателей, относительная простота обслуживания установок очистки, отсутствие необходимости применения опасных химических реагентов. Мембраны (трубчатые, полуволоконные или плоскостные) служат в МБР в качестве барьера, дающего возможность удалять из воды содержащиеся в ней загрязнений с высокой селективностью, благодаря чему получают очищенную воду с минимальным содержанием взвешенных веществ.

Однако новые условия в настоящей работе накладывают ряд ограничений на применения мембран. Поэтому, для нас наибольший интерес представляют и рассматриваются ниже особенности режимов работы мембран в составе очистной установки, возможные типы мембран к применению, особенности эксплуатации мембран в условиях крайнего севера.

До настоящего времени в судовых системах не применялась подобная технология очистки сточных вод – технология мембранно-биологической очистки в сочетании с глубокой биологической очисткой по трехзонной схеме анаэробно-аноксидно-оксидной обработке.

Проведенный в главе 2 анализ установок очистки сточных вод позволяет сделать вывод, что установки глубокой биологической очистки сточных вод в классическом исполнении (с вторичным отстойником) не удовлетворяла бы требованиям по массо-габаритным характеристикам. Учитывая рекомендации, изложенные в главе 2, с целью уменьшения габаритов установки, применение мембранно-биологического блока в данном случае целесообразно.

Однако до настоящего времени не были изучены особенности работы мембран в составе комплекса очистных сооружений малой производительности. Не изучена возможность использования мембран в условиях крайнего севера, а именно влияние отрицательных температур на мембраны различных типов, например при необходимости временной консервации сооружений, или остановки сооружений для целей ремонта, профилактического ремонта, а также возможности хранения запасных мембран при отрицательных температурах.

Производители практических всех типов мембран допускают нормальную эксплуатацию мембран только в положительном диапазоне температур, при этом отсутствует также информация о возможном изменении производительности мембран при понижении температуры фильтруемой воды.

Наиболее подробно применение мембран для очистки стоков было описано, в работах НИИ ВОДГЕО чуть более десяти лет назад [122,123,124]

Одно из первых упоминаний о технологии МБР в научно-технической литературе было в 1960-х годах. В 80-е годы начало активного патентования технологии. Первый в мире промышленный биореактор с погружными полволоконными мембранами для очистки бытовых сточных вод был запущен в г. Милтоне (Канада) в 1997 году.

На сегодняшний день на рынке России имеются серийные установки на основе МБР отечественного производства [34], но при этом информации о реальной эксплуатации очистных установок на основе МБР российскими специалистами публикуется крайне мало.

Из указанных выше источников известно, что мембранное разделение, являясь элементом технологической цепи биологических сооружений

существенно влияет на параметры биоценоза в процессе очистки (возраст и концентрацию активного ила) и выполняет роль вторичного отстойника.

Увеличение возраста активного ила способствует появлению таких медленно растущих микроорганизмов как нитрификаторы.

Задержание взвешенных веществ в очищаемой воде в биореакторе продлевает их контакт с микроорганизмами, что позволяет их более полному разложению. В обычных системах эти частицы вымываются вместе с активным илом.

Биореактор повышает устойчивость биологической системы к колебаниям концентрации загрязнений исходной воды.

Таким образом наличие в системе биологической очистки биореактора способствует улучшению показателей очистки и повышает надежность системы в целом. В том числе сводит до минимума пуско-наладку биологических систем.

К недостаткам можно отнести главным образом высокую стоимость самих мембран и повышенные затраты на преодоление градиента давления.

Однако в последнее время, появление на рынке микрофильтрационных мембран нового поколения с высокой проницаемостью и низким сопротивлением поменяло ситуацию.

Данный вид мембран является наиболее перспективным для очистки стоков для сооружений производительности от 5 до 5000 м³ в сутки.

Удельное энергопотребление современных биологических очистных сооружений с биомембранными реакторами на полуволоконных мембранах не превышает 0,8 кВтч/м³, а мембранных установок 0,35 кВтч/м³.

Из зарубежных источников известно, что в процессах очистки сточных вод в основном используются гибридные мембранные технологии. Так, в [139] указывается, что мембраны из неорганических материалов широко применяются при обработке промышленных сточных вод.

В [144] рассматриваются различные варианты схем биологической очистки сточных вод в процессе с активным илом при использовании для разделения иловой смеси погружных мембран. Сообщается, что содержание биомассы в

реакторе можно довести до 10–20 г/л, увеличить ее возраст. В приводимых примерах использовался метод ультрафильтрации, размер пор мембраны 0,1–0,4 мкм, скорость фильтрования около 0,2 м³/м²·сут, энергозатраты на очистку 0,5 кВт·ч/м³.

В публикации [140] анализируются различные типы мембран в зависимости от величины пор, рабочего давления, материалов и т. д. Сообщается, что мембраны применяются при сточных вод химических производств, для удаления тяжелых металлов и др. В приводимых примерах величина ХПК достигала 10000 мг/л. Примененные мембраны имели размер пор 0,1 мкм, при этом эффективность удаления ХПК составила 96%, нитратного азота 98%, кадмия, хрома, диоксида циркония 99%. Отмечается целесообразность комбинирования мембранных методов с другими методами.

Сообщается об исследованиях [145], связанных с очисткой концентрированных сточных вод, образующихся при производстве сахара, среднее содержание ХПК составляет 47870 мг/л, БПК₅ 8284 мг/л, концентрация взвешенных веществ 13164 мг/л, сточных воды содержат также соединения азота, фосфора, сульфаты, хлориды и др. Для обработки этих сточных вод предлагается несколько различных комбинированных схем, в том числе с использованием мембран, эффективность удаления ХПК достигала 98,25%, взвешенных веществ 97,5%.

Целью исследований [127] являлось получение данных для разработки процесса очистки сточных вод мембранными методами, указывается, что при их использовании одновременно могут быть решены задачи очистки сточных вод и возврата ценных компонентов.

Схема очистки сточных вод нефтяных разработок [141] предлагается с использованием комбинированной пилотной системы, которая включает блок флокуляции/осаждения, аэротенк, блок напорной флотации, песчаный фильтр и блок ультрафильтрации. Сообщается, что очищенные сточные воды содержали нефть менее, чем 0,5 мг/л, ССВ менее 1 мг/л, остаточное содержание железа, содержание сульфатовосстанавливающих бактерий и др. соответствовали

стандартам качества и обработанные сточные воды могли быть возвращены в рецикл.

В [128] рассмотрена очистка сточных вод посредством озонирования и мембранного фильтрования. Указывается, что пробки, применяемые в виноделии, изготавливаются из древесной коры, которая содержит большое количество органических и неорганических соединений. Испытывались 2 варианта очистки данных сточных вод, в первом сточные воды озонировались в реакторе, снабженном УФ излучателем. По второму варианту схема включала ступень мембранного фильтрования (последовательно включались мембраны для микро- и ультрафильтрации), ступень озонирования и ступень с обработкой УФ-радиацией, при этом в реакторе дозировался пероксид водорода. Сообщается, что при втором варианте обеспечивается значительно более высокая эффективность очистки сточных вод

Приведенные примеры наглядно показывают, что чаще всего и наиболее эффективно мембраны используются в комбинация с другими методами очистки (гибридные процессы). Использование нескольких методов, последовательно уменьшающих содержание вредных примесей, – очевидный вариант развития событий [32].

Такие решения диктуются не только экономической целесообразностью, но и спецификой используемых методов, включая применение МБР в составе установок биологической очистки сточных вод. В технологии МБР процессы микрофильтрации сочетаются с процессом аэробной биологической очистки сточных вод. Микрофильтрация – это баромембранный процесс разделения, в котором мембраны не пропускают частицы и растворенные макромолекулы размером свыше 0,1 мкм. МФ присущ ситовой или экранный механизм разделения, соотношение размеров частиц и размера пор (практический, без учета гидратации) являются величинами одного порядка. Размеры пор в микрофильтрации варьируются от 10 до 0,05 мкм. В данном процессе вся толщина мембраны дает вклад в сопротивление транспорту, особенно при использовании симметричных пористых мембран. Микрофильтрация всегда протекает с

образованием осадка на мембране. Ниже, в таблице приводится классификация методов мембранной фильтрации в зависимости от размера улавливаемых загрязнений. Классификации мембранных методов очистки воды, по размеру улавливаемых загрязнений приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Классификация мембранных методов очистки воды, по размеру улавливаемых загрязнений [135]

Размер пор, рейтинг фильтрации, мкм	Виды загрязнений	Молекулярная масса загрязнений	Метод очистки воды
1-100	Механические взвеси, окисленные загрязнения	-	Механическая очистка воды, макрофильтрация
0,1-1	Бактерии, коллоиды, взвеси	>500 000	Микрофильтрация
0,002-0,1	Коллоиды, бактерии, вирусы, молекулы больших соединений	10 000 - 500 000	Ультрафильтрация
0,002-0,001	Многочargedные ионы, молекулы, вирусы	300 - 10 000	Нанофильтрация
< 0,0001	Ионы	<300	Обратный осмос, осмос

4.1.1 Объект исследований

Размер улавливаемых загрязнений мембраны зависит от типа применяемых мембраны (микрофильтрационная, ультрафильтрационная и т.д.)

В процессе настоящей работы рассматриваются мембраны микрофильтрационные, с размером пор 0,1-0,3 мкм, что связано с видом загрязнений – взвеси, бактерии, коллоиды.

Срок службы указанных мембран, в основном зависит от степени восстановления фильтрующей способности и в некоторых случаях от их механической прочности.

От выбора вида (конструктива) используемой мембраны (половолоконные, плоскостные, трубчатые и т.д.) зависит технология восстановления ее

фильтрующей способности. Снижению фильтрующей способности мембраны способствуют в основном два фактора - образование осадка на мембране и засорение пор мембраны, которые приводят к необходимости осуществления ее промывки в процессе эксплуатации.

Удаление поверхностных загрязнений производится в основном механическим путем, удаление загрязнений пор – комбинированно механическим и химическим.

Фильтрующая способность по причине засорения пор любых типов мембран восстанавливается обратной промывкой отфильтрованной воды (пермиатом) и реже химической промывкой раствором реагента. Удаление поверхностных загрязнений производится различными способами очистки, либо путем предотвращения образования осадка на внешней поверхности мембраны, например пузырьчатой аэрацией, либо потоком воды или воздуха. Метод очистки пузырьчатой аэрацией широко и эффективно применяется при очистке сточных вод для предотвращения образования осадка на органических мембранах с полыми волокнами, например из поливинилхлорида, органических плоских мембранах, неорганических плоских мембранах, например керамических, и других типах мембран. Наиболее детально данный метод описан в патенте RU2515444 «Мембранный модуль, мембранный блок и мембранное разделительное устройство», опубликован 10.12.2013.

Более эффективен метод удаления загрязнений с поверхности мембран путем воздушных или водных струй. Данный метод применим только к плоскостным мембранам, например фирмы HUBER или SINAR или керамических плоских мембран фирмы MEIDEN, приведены на рисунке 4.1 и 4.2

Для целей настоящего исследования наибольший интерес представляет выбор режима работы мембраны (алгоритм обратной и химической промывки), способ предотвращения образования осадка на внешней поверхности мембраны, возможность консервации на зимний период и технологической схемы в системе биологической очистки сточных вод.



Рисунок 4.1 – Мембранный модуль с плоскораменными мембранами фирмы HUBER(слева) и плоскораменная мембрана SINAR (справа).



Рисунок 4.2 – Керамические плоские мембраны фирмы MEIDEN

Непосредственно на работу микрофильтрационной мембраны влияют следующие параметры:

- а) скорость потока при фильтровании;
- б) интенсивность обратного потока при промывке;
- в) частота и длительность циклов фильтрования и обратных промывок;
- г) способ и интенсивность воздействия на внешнюю поверхность мембраны для предотвращения ее загрязнения в процессе фильтрации.

В процессе настоящего исследования, из открытых источников не найдена информация о режимах работы мембран того или иного типа (алгоритм обратной и химической промывки), возможности эксплуатации в условиях отрицательных температур, степень зависимости фильтрующей способности мембран от температуры фильтруемой воды. Обычно данная информация составляет ноу-хау

производителя. Поэтому в основном мембраны поставляются в системе совместно либо в составе готовых очистных сооружений с вспомогательным оборудованием и блоком управления, либо в составе мембранно-биологического реактора с указанием в основном производительности мембранного модуля и установки в целом.

Из [124] установлено, что в диапазоне 600-1800 секунд фильтрование при промывке в течение 30 секунд производительность мембран не зависит от периода фильтрования. Наблюдается связь по снижению фильтрующей способности при увеличении концентрации активного ила в реакторе, периодом аэрации, и удельной скоростью окисления, см. рисунок 4.3

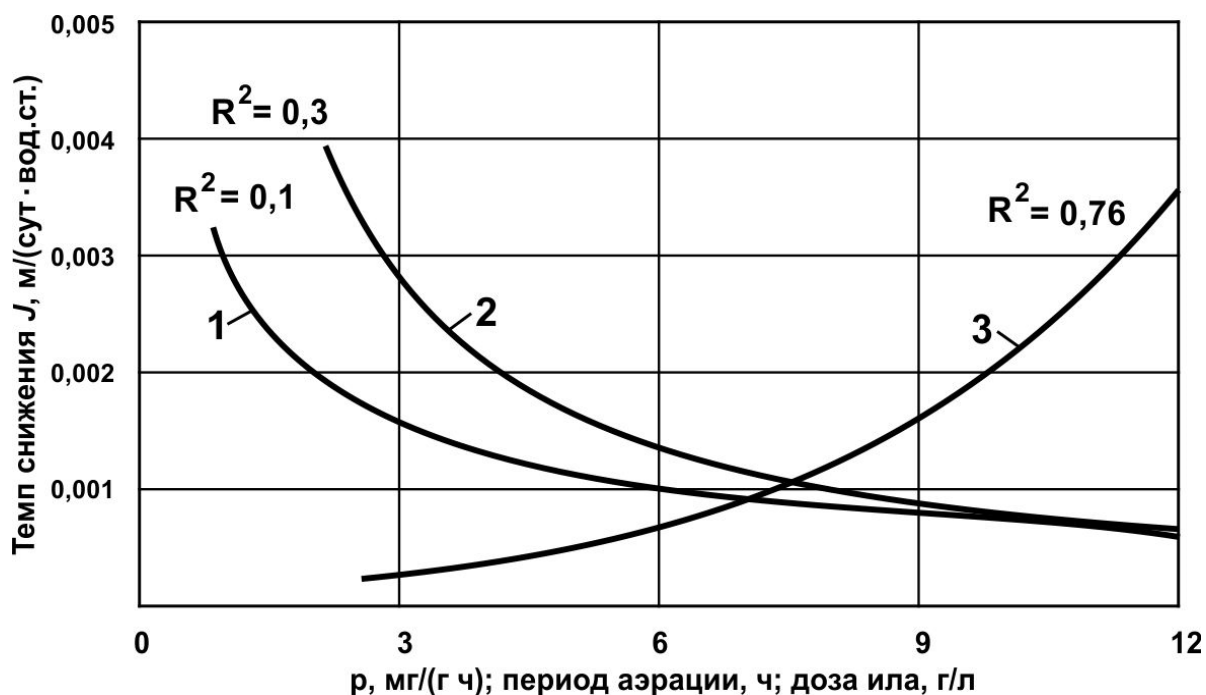


Рисунок 4.3 – Зависимость среднего темпа снижения нормализованного потока от удельной скорости окисления по ХПК, дозы ила и периода аэрации

1 - p – удельная скорость окисления по ХПК; 2- период аэрации; 3- доза активного ила.

Из приведенного графика следует, что поддержание концентрации активного ила свыше 8 г/литр нецелесообразно, а период аэрации не должен быть ниже 4,5-5 часов. Удельная скорость окисления ХПК свыше 4 мг/(г×ч).

Скорость загрязнения мембран снижается с уменьшением скорости фильтрования. Тип сточной воды, концентрации взвешенных частиц, и условия эксплуатации практически не влияют на производительность мембраны.

Исходя из вышеописанного было принято, что для эксперимента механическая очистка пор полуволоконных мембран будет производиться обратным током очищенной воды - промывка пермиатом, которая будет осуществляться периодически через малые интервалы времени, а аэрация постоянно. Химическую промывку мембран осуществлять 1-2 раза в месяц по фактическому снижению их фильтрующей способности, так как на практике, при одинаковых показателях загрязнений воды интенсивность загрязнения мембран может различаться.

Из рекламных буклетов производителей мембран известно, что в зависимости от вида и типа используемой мембраны, ее режима работы, технологической схемы, срок службы мембран может варьироваться от 1 года до 5 лет, а в некоторых случаях до 10 лет. Это связано в первую очередь с постепенным снижением восстановительной способности мембраны в процессе эксплуатации.

В последнее время появились отечественные мембраны с улучшенными характеристиками по производительности и долговечности. На рисунке 4.4. показана скорость фильтрации различного типа мембран, в зависимости от перепада давления.

Выбор материала диктуется устойчивостью к загрязнению веществами, содержащимися в обрабатываемых сточных водах, а также химической стойкостью при проведении реагентных промывок мембранных модулей.

Микрофильтрационные мембраны с размером пор 0,1 – 1 мкм и ультрафильтрационные мембраны с размером пор 0,01 – 0,1 мкм показывают практически одинаковую эффективность в извлечении взвешенных веществ и микроорганизмов. Мембраны с более крупными порами имеют большую проницаемость, но падение их производительности в процессе работы более значительно. Повышение давления на мембране в процессе работы повышает

производительность, но вызывает сжатие осадка и увеличение его сопротивления. чтобы этого избежать проводятся гидравлические и химические промывки. Увеличение возраста ила способствует уменьшению загрязнения мембран за счет снижения содержания полисахаридов в иле.

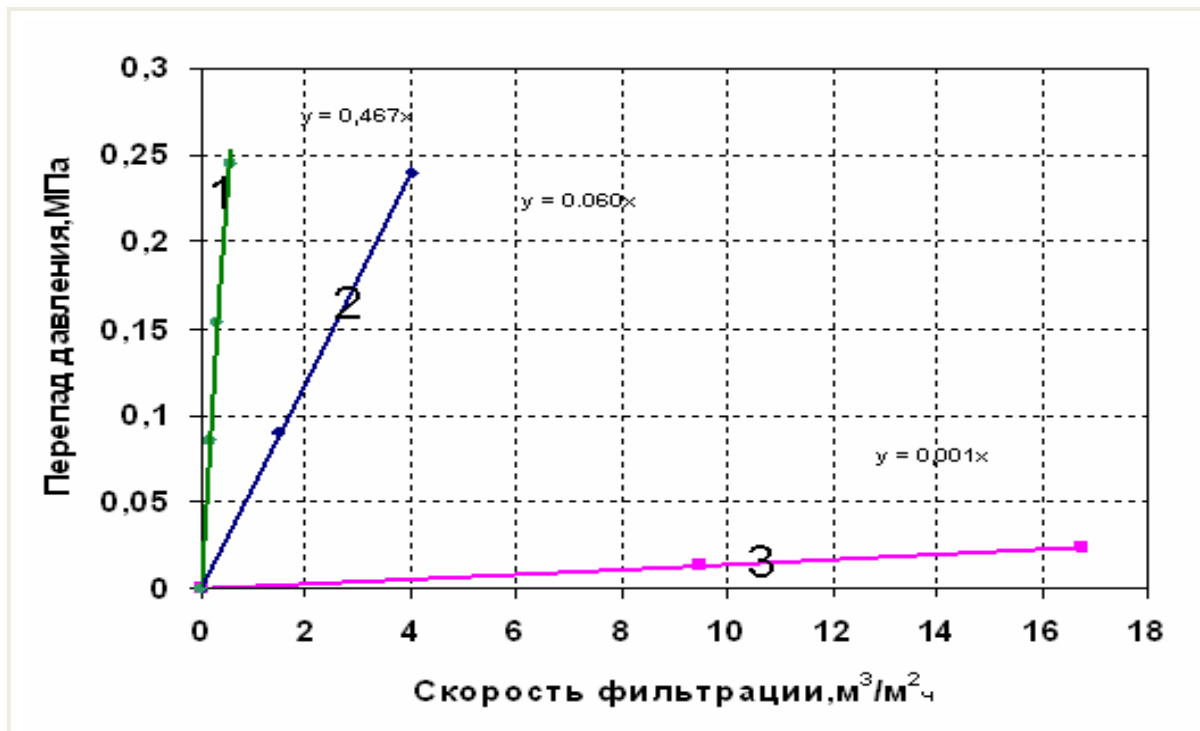


Рисунок 4.4 – Сравнение гидродинамических характеристик различных типов мембран.

1 – трековая мембрана и половолоконная мембрана; 2- полимерная мембрана ЗАО НТЦ «Владипор» типа МФАС; 3- наноструктурная мембрана ГНЦ РФ Физико-энергетического института имени А.И. Лейпунского.

Выбор режимов обратной и химической промывки МБР является весьма сложной задачей, наиболее прогрессивным подходом для решения которой является автоматическое управление временем и частотой обратной промывки по постоянно измеряемому значению трансмембранного давления. Из опубликованной патентной литературы можно утверждать, что существует ряд подходов для интенсификации процесса регенерации мембран, в частности, установка в биореакторе ультразвуковых излучателей, завихрителей потока, добавка специальных реагентов, мелкопузырчатая аэрация и другие.

Нами был разработан и применен на практике алгоритм автоматического управления промывкой половолоконных мембран.

Для целей проверки возможности консервации установки очистки сточных вод с МБР, была осуществлена консервация и хранение установки в условиях отрицательных температур в зимний период (6 мес.) и последующая расконсервация и опытная эксплуатация установки в течение 6 месяцев с дальнейшим сравнением показателей очистки сточных вод до и после консервации.

Для целей проверки эффективности технологии очистки с применением МБР были изготовлены две установки биологической очистки сточных вод с вторичным отстойником и МБР равной производительности и проведены испытания обеих установок на реальных стоках.

4.1.2 Установка для проведения исследований

Одним из основных параметров мембранного элемента является его производительность. В свою очередь рабочая производительность мембранного элемента зависит от многих факторов, среди которых основными являются задаваемый перепад давления и состав фильтруемой смеси. В случае фильтрации сложных смесей с высоким содержанием взвешенных веществ реальная производительность может отличаться от указанной производителем, которая, как правило, задается относительно чистой воды. Сделать выбор наиболее подходящего мембранного элемента, а также корректно заложить при технологических расчетах его производительность позволяет предварительная апробация различных мембранных элементов на реальной воде. На рисунке 4.5. показан внешний вид установки, на рисунке 4.6. приведена схема установки, позволившая оценить на иловой смеси с содержанием взвешенных веществ порядка 7000 мг/л производительность фильтрующих элементов полуволоконных мембран из поливинилиденфторида.

Были использованы полуволоконные погружные мембраны со следующими заявленными производителем характеристиками:

- производительность – от 1 до 2,5 м³ в сутки;

- материал мембраны – ПВДФ;
- Рабочий диапазон – от 1 до 13 рН;
- Размер пор – 100 нм;
- Рекомендуемая температура очищаемой воды – от 5 до 45 °С;
- Рабочее давление – от 0,01 до 0,03 Мпа;
- Максимальное давление – 0,04 Мпа;
- Устойчивость к растворенному хлору – 3 мг/л.



Рисунок 4.5 – Общий вид установки для испытания мембран

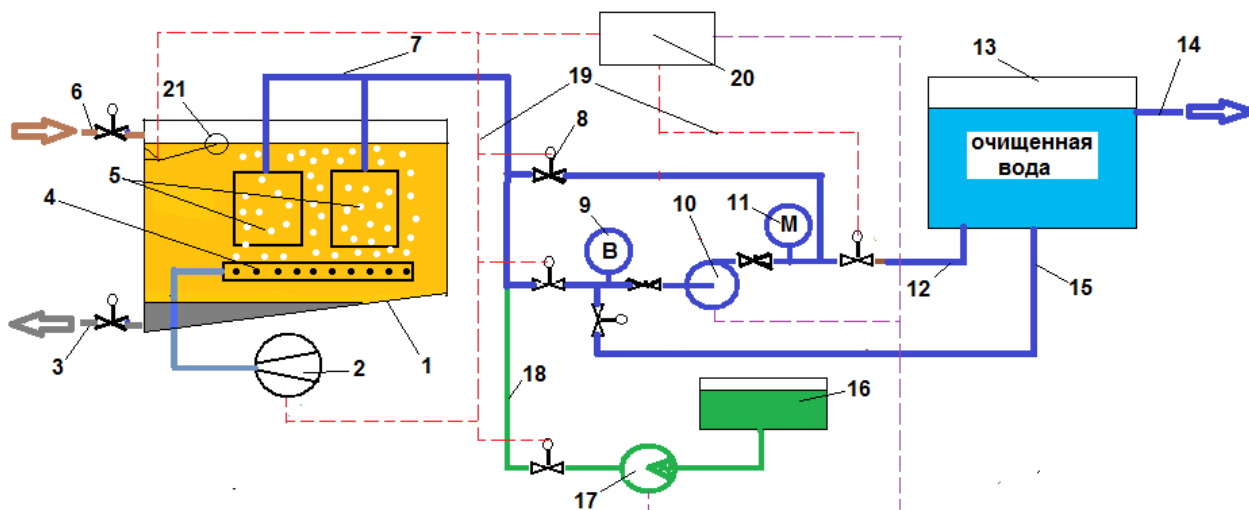


Рисунок 4.6 – Схема установки для испытания мембран

1- Бак с мембраной; 2- компрессор; 3- слив ; 4- аэратор; 5- блок мембран; 6-входная магистраль; 7- вакуумная магистраль откачки пермеата; 8-запорные клапаны; 9- вакуумметр; 10- вакуумный насос; 11- манометр; 12- напорная магистраль очищенной воды; 13- бак для пермеата; 14- выпуск; 15- вакуумная магистраль обратной промывки; 16-бак для промывочного химреагента; 17- насос подачи химреагента; 18- подающая магистраль химреагента; 19- цепи управления; 20- блок автоматики управления; 21- поплавков

Испытания мембранного полуволоконного модуля на иловой смеси проведены были при различном давлении. Результаты испытаний приведены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Данные о режимах работы мембранного полуволоконного модуля на иловой смеси

Номер режима	Давление, МПа	Объем перекаченной воды, литров	Время работы, мин.	Производительность, литры в час	Удельный расход, л/(м ² *ч)
1	- 0,02	10	2	300	30
2	- 0,018	10	2,36	230	23
3	- 0,012	10	3,12	188	18

Из таблицы видно, что производительность мембраны зависит от создаваемого давления. Рекомендуемое производителем рабочее давление оставляет – 0,01 – 0,03 Мпа. Заявленная производительность от 2,5 до 6 м³ в сутки. Реальная производительность мембраны составила от 4,5-7,2 м³ в сутки. С учетом того, что производительность мембраны после начального периода эксплуатации падает примерно на 30% без восстановления, заявленные показатели соответствуют действительности. Последующие испытания проводились с целью проверки характеристик работы мембран в составе установки очистки сточных вод.

4.2 Исследование и испытания установок очистки сточных вод для морских объектов.

Для проведения испытаний были изготовлены две опытные установки производительностью до 10 м³/сутки, в которых заложены различные технологические схемы биологической очистки. Выбор технологических схем и расчеты параметров биологических блоков данных установок были сделаны на основе рекомендаций изложенных в главе 3 и предложенных в [42]. Испытания обеих установок проводились на северной станции аэрации Санкт-Петербурга. В первой установке применена технологическая схема безреагентной очистки с

последовательными анаэробной, аноксидной и аэробной зонами, где в качестве последней служит блок мембранной фильтрации. На рисунке 4.7 показан внешний вид установки, на рисунке 4.8 показана схема установки.

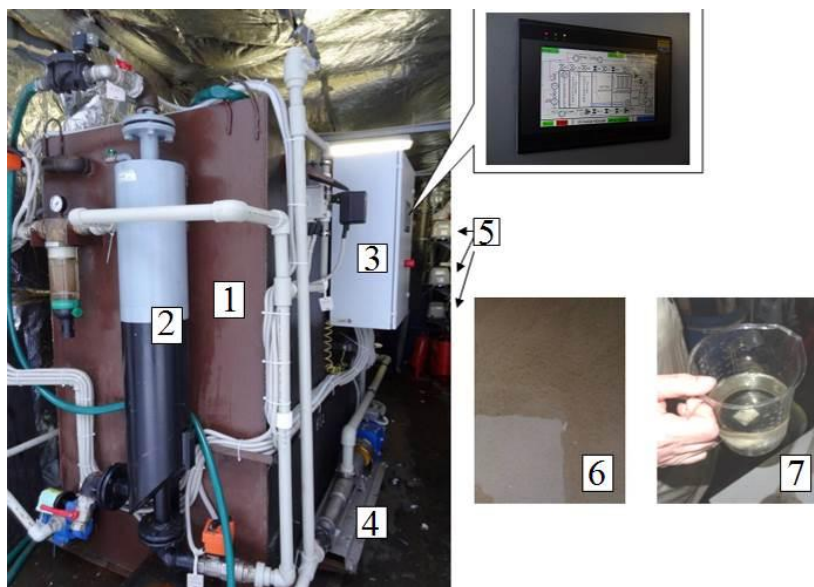


Рисунок 4.7 – Внешний вид установки с МБР

1- корпус; 2 – блок механической очистки; 3 – блок автоматики; 4 – шламовый насос;
5 –воздуходувки; 6 – активный ил; 6 – очищенная вода

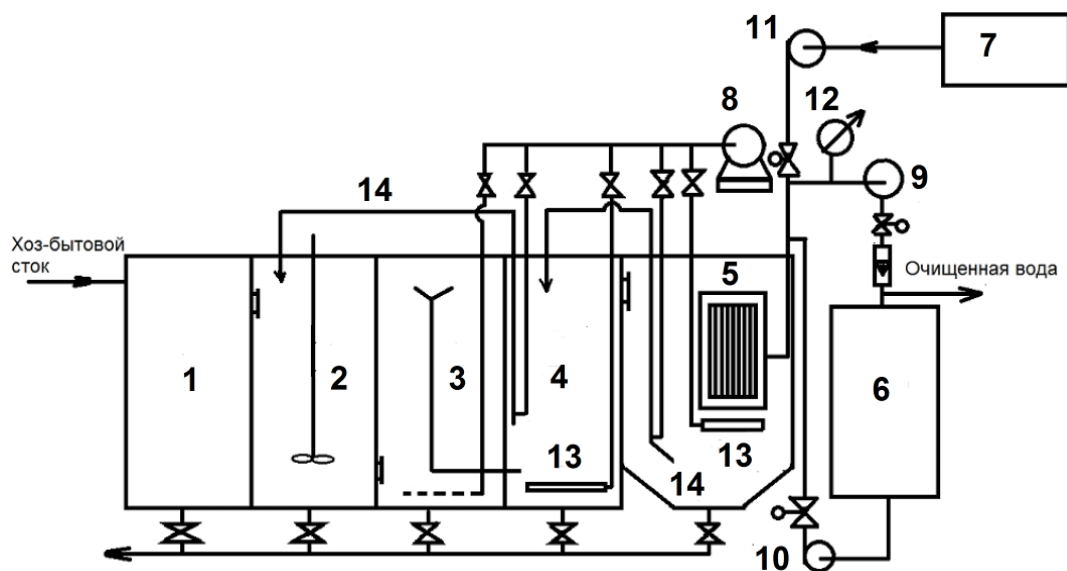


Рисунок 4.8 – Технологическая схема установки очистки сточных вод с МБР

1 - отстойник -усреднитель; 2 - анаэробный блок с мешалкой; 3 - аноксидный блок денитрификатор; 4 - аэробный блок; 5 - блок мембранной фильтрации; 6 - ёмкость сбора очищенной воды; 7 - ёмкость для хранения химического реагента; 8 - компрессор подачи воздуха; 9 - вакуумный насос; 10 - насос обратной промывки мембран; 11 - насос-дозатор подачи реагента; 12 — вакуумметр; 13 - мелкопузырчатый аэратор; 14 – эрлифт

Внешний вид установки с тонкослойным модулем показан на рисунке 4.9, на рисунке 4.10 – показана схема установки.



Рисунок 4.9 – Внешний вид установки с вторичным отстойником оборудованным тонкослойным модулем

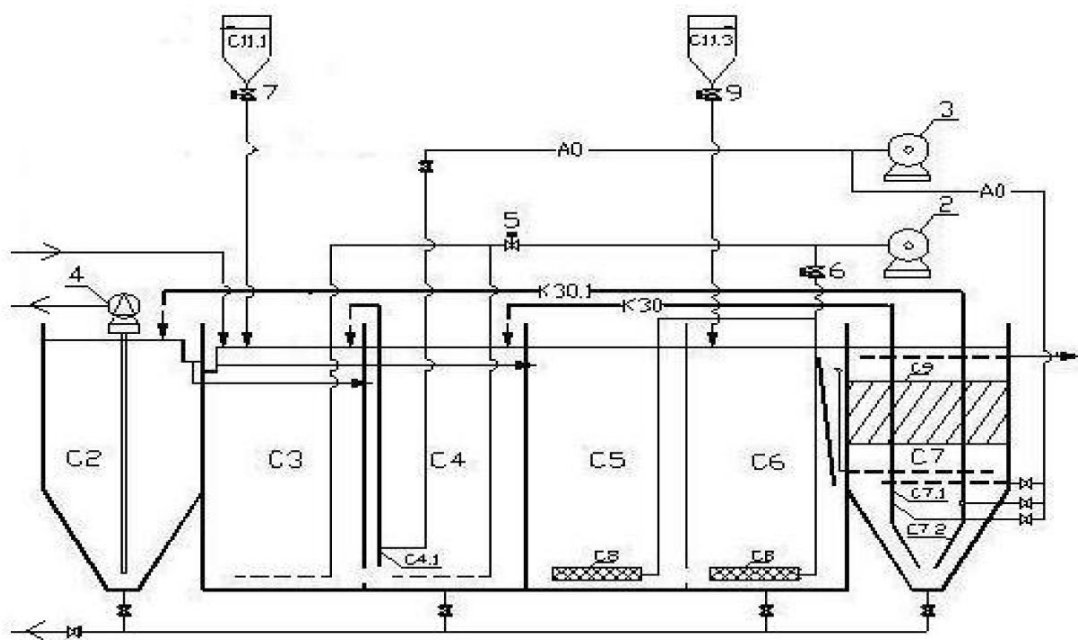


Рисунок 4.10 – Технологическая схема установки очистки сточных вод с вторичным отстойником

C2 - осадкоуплотнитель; C3 - I аноксидный отсек; C4 - II аноксидный отсек; C5 - I аэробный отсек; C6 - II аэробный отсек; C7 - вторичный отстойник с тонкослойным модулем C9; C4.1, C7.1, C7.2 - эрлифты; C11.1 - емкость железосодержащего коагулянта; C11.3 - емкость раствора флокулянта; 2,3 - компрессоры; 4 - насос откачки осадка; 5,6 - электромагнитные клапаны

Во второй установке реализована технологическая схема с двумя аноксидными и двумя аэробными зонами и вторичным отстойником оборудованным тонкослойным модулем. В технологической схеме с вторичным отстойником также заложено использование железосодержащего коагулянта для химического удаления фосфора и полимерного флокулянта. Коагулянт, в качестве которого использовали сульфат железа (III), вводили в первую аноксидную зону, флокулянт (Праестол) — во вторую аэробную зону.

4.2.1 Программы и методики исследований экспериментальных установок очистки сточных вод

Объектом испытаний, является:

- опытная установка биологической очистки сточных вод с МБР производительностью до 10 м³/сутки;
- опытная установка биологической очистки сточных вод с вторичным отстойником оборудованным тонкослойным модулем производительностью до 10 м³/сутки.

Установка с МБР предназначена для очистки сточных вод нефтегазодобывающих платформ, морских отгрузочных терминалов, морских судов и других видов морских сооружений.

Установка биологической очистки сточных вод с вторичным отстойником оборудованным тонкослойным модулем предназначена для получения контрольных показателей очистки с целью сравнения показателей очистки на установке с МБР.

Цель испытаний состоит в подтверждении соответствия выбранного способа очистки и обеззараживания сточных вод требованиям Резолюции МЕРС ИМО 159(55) с улучшенными технико-экономическим и санитарными показателями, предназначенных для очистки, обеззараживания и утилизации (далее – обработки) сточных (хозяйственно-бытовых и фекальных) вод.

Задачами испытаний являются проверка рабочего режима работы опытного образца установки и оценка качества очищенной воды, подлежащей сбросу в водные объекты при заданном уровне загрязненности на входе.

Пуско-наладочные работы проводятся на опытных образцах установок, установленных на Северной станции аэрации ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», забор сточной воды производится из одного источника.

На испытания предъявляется два опытных образца биологической очистки, являющихся технологически и конструктивно максимально приближенной копией промышленной установки производительностью до 10 м³/сут

Испытания опытных образцов установок проводятся в 6 этапов:

- проверка работы мембранного блока на производительность;
- проверка установок на герметичность корпуса и соответствие гидравлических режимов;
- проверка работы биологических блоков установок (период выхода на рабочий режим);
- консервация установок на зимний период в не отапливаемом помещении (морской контейнер);
- расконсервация установок и проверка работы мембранного блока (только для установки с МБР);
- проверка работы биологических блоков в режиме производственной проверки установок с блоком автоматики (САУ).

Проверка работы мембранного блока на производительность осуществляется на иловой смеси при различном давлении (в пределах рекомендуемом производителем мембран)

Работа опытной установки в период выхода на рабочий режим работы осуществляется в ручном режиме.

Проведение шестого этапа испытаний производится в ручном режиме в период выхода установки на режим и в автоматическом режиме после выхода на режим.

Испытания проводятся на бытовых сточных водах (из приемных камер до решеток), поступающих на Северную станцию аэрации (ССА «Ольгино»), забор сточных вод осуществляется из одного источника для обеих установок.

Требования к объему измерений рабочих параметров опытных образцов, достаточному для статистической надежности их оценки.

Оценка качественного состава исходной (поступающей на установки) и очищенной воды по следующим показателям: рН, $T^{\circ}\text{C}$, ХПК, БПК₅, взвешенные вещества, зольность, азот аммонийный, нитраты, фосфор фосфатов. Периодичность контроля – не менее 2 раз в неделю при проверке биологического блока.

Ежедневно контролируются: процесс аэрации, температура воды и воздуха, рН.

Декадный анализ исходной, очищенной воды и ила, согласно графика анализов ССА, по общему азоту и общему фосфору.

Условия, режимы, порядок, место проведения, виды и этапы испытаний.

Температура окружающей среды не ниже -20°C , температура исходной воды $-15-20^{\circ}\text{C}$, влажность воздуха 75-98%, ХПК исходной воды не более 600 мг/л. Объем исходных стоков, поступающих на установку до $5\text{ м}^3/\text{сут}$ (210 л/ч).

Испытания установок начинаются после проверки работоспособности всех узлов в отдельности и установки в целом, включая системы автоматизации. Завершение отдельного этапа испытаний происходит после получения стабильных параметров очищенной воды в течение 72 часов.

Испытания установки прекращаются по завершению всех этапов испытаний.

Предусматриваются повторные испытания после консервации на зимний период (на срок не менее 6 месяцев) установки с МБР. С целью проверки на морозостойкость мембранных модулей.

Осмотр установок производится ежедневно, контроль за входными и выходными параметрами по исходной и очищенной воде, согласно графика анализов, контроль за работой насосов, компрессоров и узлов автоматики –

ежедневно. В процессе испытаний анализ проб воды проводится аккредитованной лабораторией.

В процессе проведения испытаний ХБЛ ССА в поступающей и очищенной сточной не реже 2-х раз в неделю по рабочим дням производит определение следующих показателей загрязненности:

- ХПК;
- БПК₅;
- азот аммонийный;
- азот нитратов;
- фосфор фосфатов;
- взвешенные вещества;
- pH;
- температура;
- в секциях 2,3,4,5; С3, С4, С5, С6 - растворённый кислород;
- в секциях С6, 5 - концентрация активного ила.

Первичные учетные документы, ведущиеся в процессе испытаний:

- журнал наблюдений – заполняется ежедневно. В журнале фиксируются основные параметры режима работы установки и все изменения в работе, в целом для всей установки и, при необходимости, ее отдельных узлов;
- протоколы химических анализов – результаты химических анализов исходной и очищенной воды, ила в аэротенке.

Метод испытаний (основные сведения о принятом методе испытаний образца).

Испытания проводятся на опытном образце установки, производительностью до 10 м³/сут, на исходной воде, соответствующей фактическому составу хозяйственно-бытовых сточных вод ССА (п. Ольгино).

Во время испытаний отрабатываются фактические режимы работы блоков биологической очистки типовых установок и мембранного блока.

В зависимости от требований к качеству очистки воды установка с МБР может работать в двух режимах:

- полная биологическая очистка с нитрификацией, денитрификацией и биологической дефосфотацией без использования мембранного блока
- полная биологическая очистка с нитрификацией, денитрификацией и биологической дефосфотацией с использованием мембранного блока

Проверка установки на герметичность корпуса и соответствие гидравлических режимов выполняется в следующем порядке:

- установки заполняются технической водой и включаются все насосы и компрессоры;
- установки в течение суток работают в холостом режиме;
- при выявлении дефектов и неисправностей они устраняются.

Мембранный блок проверяется отдельно по временной схеме подключения. Мембранный фильтр помещается в емкость, заполненную илом. Испытания проводятся в течение часа.

Для проверки работы биологических блоков установку запускают в режиме полной биологической очистки с нитрификацией, денитрификацией и биологической дефосфотацией. После вывода на режим – стабильность качественного очищения воды в течение 24 часов, в соответствии с картой лабораторного контроля, определяются по показателям работы установки на данном режиме. Общая предполагаемая продолжительность периода 1 неделя. Подключается система автоматизации.

Полная биологическая очистка с нитрификацией, денитрификацией и биологической дефосфотацией и мембранной очисткой. Секция 2 (С3) – аэрация отсутствует. Секции 3 (С4) – 30 сек аэрации, 10 минут пауза. Непрерывная аэрации в секциях 4, 5 (С5, С6). После вывода на режим - стабильный качественному очищенной воды в течение 170 часов, определяем в соответствии с картой лабораторного контроля показатели работы установки на данном режиме. Общая предполагаемая продолжительность периода 3 недели.

Концентрация ила в секции 5 – 5 г/л, в секции 4 – 5 г/л. Циркуляция иловой суспензии из секции 5 в секция 3 – 50% от объема поступающей на очистку воды.

Непрерывная круглосуточная работа установки при постоянной подаче сточных вод. Длительность режима работы – не менее 720 часов.

Отбор проб исходных и очищенных вод по графику, не реже двух раз в неделю. Анализ воды и ила проводятся по стандартным, утвержденным ГУП «Водоканал Санкт-Петербург», методикам.

Данные аналитических измерений заносятся в журнал наблюдений.

Измерения расходов обрабатываемой воды производятся ежедневно.

Перечень и частота измерений качества исходной и очищенной воды при проведении испытаний блока биологической очистки приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Перечень и частота измерений качества исходной и очищенной воды

Показатель	Исходные стоки*	Очищенная вода**	Периодичность
Взвешенные вещества	+	+	ежедневно
ХПК	+	+	ежедневно
БПК ₅	+	+	ежедневно
Азот аммонийный	+	+	ежедневно
Азот нитратов	+	+	ежедневно
Азот общий	+	+	1 раз в 10 дней
Фосфор фосфатов	+	+	ежедневно
Фосфор общий	+	+	1 раз в 10 дней
рН	+	+	ежедневно
* - качественный состав исходной воды оценивается по данным анализа воды, поступающей на станцию аэрации ССА «Ольгино»			
** - отбор проб очищенной воды производится после вторичного отстойника из резервуара усреднителя			

Концентрация ила в блоке биологической очистки и зольность ила анализируются ежедневно.

Эффективность работы установок оценивается по стабильному качественному очищенной воды в течение 170 часов.

Качественный состав очищенной воды сравнивается с требованиями, предъявляемыми к очищенной воде по всем показателям. Режим работы установок оценивается по эффективности очистки сточных вод, определяемых как отношение разницы качественного состава исходной и очищенной воды к исходной воде.

Измерения параметров при испытаниях проводятся с применением стандартизованных методик выполнения измерений или аттестованных в соответствии с ГОСТ8.563-2009.

Результаты измерений при испытаниях необходимо выражать в единицах измерений, установленных в ГОСТ8.417-81, и сопровождать характеристиками погрешностей из числа рекомендованных МИ 1317-86 ГСИ.

Для автоматизации процесса была разработана программа для выполнения на контроллере Mitsubishi FX-3G. Для отображения информации, ввода настроек, управления в ручном и автоматическом режимах предназначен сенсорный экран управления Weintek MT8070iH.

Вид главного экрана управления показан на рисунке 4.11.

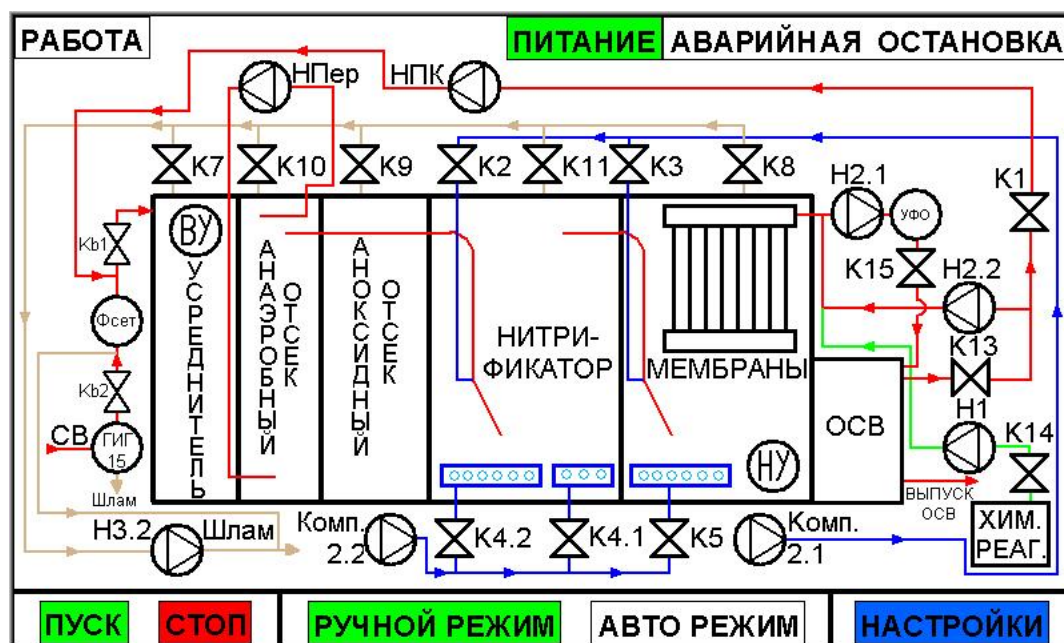


Рисунок 4.11 – Вид главного экрана управления

4.2.2 Расчет блоков установки очистки сточных вод с МБР

Расчет блоков установки производим согласно [85] с учетом [42].

Расчеты объемов секций установки и подачи воздуха для аэрации и эрлифтов.

Аэротенк состоит из трех секций, анаэробной, аноксидной и аэрируемой. Расчет производился при суточном расходе сточной воды, равном до $10 \text{ м}^3/\text{сутки}$, $Q_{\text{ср}} - 0,417 \text{ м}^3/\text{час}$.

Значения требуемых показателей сточных вод, константы и расчетные формулы приведены в разделе 3.2 настоящей работы.

Для определения параметров анаэробной зоны определяем расчетную нагрузку на ил и продолжительности пребывания в ней сточных вод.

Объем анаэробной зоны составит:

$$W_{\text{ана}} = Q_{\text{ср}} \times t_{\text{анаэр}} = 0,417 \times 1,71 = 0,71 \text{ м}^3.$$

Объем зоны денитрификации составит:

$$W_{\text{д}} = \frac{G_{\text{N}_2}}{r_{\text{n}}} = 12,5 \div 7,4 = 1,69 \text{ м}^3$$

Продолжительность денитрификации составит:

$$t_{\text{д}} = \frac{W_{\text{д}}}{Q_{\text{ср}}} = 1,69 \div 0,417 = 4,05 \text{ ч}.$$

Объем зоны нитрификации составит:

$$W_{\text{аэр}} = Q_{\text{ср}} \times t_{\text{аэр}} = 0,417 \times 4,11 = 1,71 \text{ м}^3$$

Удельный расход воздуха, кубометр воздуха/кубометр очищаемой воды составит:

$$q_{\text{air}} = 1,1 \times (400 - 15) \div (2 \times 1,3 \times 0,9 \times 0,77 \times (10,8 - 3)) = 27,4 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Часовой расход воздуха составит:

$$27,4 \times 10 \div 24 = 11,42 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Общий рабочий объем биологического блока составит:

$$0,71 + 1,69 + 1,71 = 4,11 \text{ м}^3$$

Расчетные объемы это объемы, заполненные жидкостью, чтобы не было перелива при вспенивании, реальные объемы увеличиваем на 10%:

$$W_{\text{биологич. блока}} = 0,71 \times 1,1 + 1,69 \times 1,1 + 1,71 \times 1,1 = 0,78 + 1,86 + 1,88 = 4,52 \text{ м}^3$$

Расчетные параметры установки очистки сточных вод:

- 1) Общий объем биологического блока - $4,52 \text{ м}^3$;
- 2) Объем анаэробной зоны - $0,78 \text{ м}^3$;
- 3) Время пребывания в анаэробной зоне - 1,71 часа (без перемешивания мешалкой);
- 4) Объем зоны денитрификации - $1,86 \text{ м}^3$;
- 5) Время пребывания в аноксидной зоне - 4,05 ч (периодическое перемешивание воздухом);
- 6) Объем зоны нитрификации - $1,88 \text{ м}^3$;
- 7) Время пребывания в оксидной зоне - 4,11 ч;
- 8) Часовой расход воздуха - $11,42 \text{ м}^3/\text{ч}$ (в оксидной зоне и мембранном блоке);
- 9) Объем мембранного блока - 2 м^3 ;
- 10) Объем усреднителя - 1 м^3 (не менее объема анаэробного блока);
- 11) Общий объем установки очистки сточных вод - $7,52 \text{ м}^3$.

Объем мембранного блока определяется размером мембранного модуля и количеством необходимых модулей.

Производительность установки будет зависеть от пропускной способностью мембран, определить которую возможно только экспериментальным путем. Наиболее простым способом является измерение перепада уровня воды до и после микрофильтрационного модуля.

Технология восстановления фильтрующей способности назначается по результатам экспериментальных исследований. Возможен вариант подачи части биологически очищенных сточных вод на доочистку с целью уменьшения площади микрофильтров. Допускается принимать объем мембранного блока равным объему аэробного блока с последующей корректировкой с учетом типа применяемых мембран и их производительности.

Объем блока обеззараживания при использовании анолита определяется временем пребывания в данной секции от 0,5 до 1 часа и соответственно с учетом часового расхода может составлять от 0,105 до 0,210 м³.

4.2.3 Результаты испытаний

Испытания обоих опытных образцов установки для очистки сточных вод проводились на базе Северной станции аэрации (ССА) ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

После проверки обеих установок на герметичность корпуса и соответствие гидравлических режимов (непрерывная работа установок на сточной воде до 7 дней) с дальнейшей их консервации на зимний период.

Мембранные блоки предварительно были осушены на 80% (внизу блока находилась вода). Установка хранилась в неотапливаемом контейнере, и подвергалась воздействию отрицательных температур до – 20 °С в течение 6 месяцев [55].

Важным с точки зрения длительной эксплуатации установок на основе МБР является вопрос об устойчивости мембран относительно возможных перерывов в работе биореактора, например, в случае возникновения аварийных ситуаций, что особенно принципиально для локальных очистных сооружений контейнерного исполнения работающих в условиях холодного климата.

Был исследован вопрос об устойчивости мембран относительно возможных перерывов в работе биореактора.

Настоящие испытания показали, что установленные в биореакторе полуволоконные мембраны из поливинилиденфторида после консервации установки на зимний период, в течение которого она находилась в неотапливаемом контейнере, остались целыми и не потеряли своих свойств, что было подтверждено последующими испытаниями.

Показатели очистки, полученные для установки с МБР после ее выхода на рабочий режим представлены в таблице 4.4, аналогичные показатели для

установки с вторичным отстойником представлены в таблице 4.5. Сопоставительный анализ результатов для двух установок позволил также выделить ряд других преимуществ, характерных для технологии МБР (таблица 4.6).

Таблица 4.4 – Показатели очистки сточных вод, полученные на установке с МБР

Номер пробы	Вид стока	Показатели очистки						
		рН, ед. рН	Взвешенные вещества, мг/л	ХПК, мг/л	БПК ₅ , мг/л	N-NH ₄ , мг/л	N-NO ₃ , мг/л	P-PO ₄ , мг/л
1	Поступающий	7,3	210	440	160	29	0,23	3,1
	Очищенный	7,5	5,0	24	2,0	2,4	7,6	0,15
2	Поступающий	7,3	150	280	-	45	0,27	2,9
	Очищенный	7,3	5,0	10	-	1,6	10	0,84
3	Поступающий	7,5	200	340	140	28	0,25	2,7
	Очищенный	7,3	5,0	24	1,4	3,4	12	0,21
4	Поступающий	7,4	400	440	130	27	0,29	2,6
	Очищенный	7,4	5,0	31	1,8	1,6	12	0,51
5	Поступающий	7,5	160	300	100	20	0,20	1,9
	Очищенный	7,3	6,1	13	2,6	1,9	12	0,27
6	Поступающий	7,3	220	350	-	27	0,27	2,5
	Очищенный	7,2	5,0	19	-	1,8	12	0,39
7	Поступающий	7,5	210	380	170	24	0,20	2,9
	Очищенный	7,2	5,0	24	6,0	1,8	7,7	0,96
8	Поступающий	7,5	240	410	170	24	0,23	2,7
	Очищенный	7,6	5,0	20	1,9	6,7	2,3	1,4
9	Поступающий	7,2	360	510	-	16	0,27	1,4
	Очищенный	7,4	6,6	170	-	0,95	2,9	0,05
10	Поступающий	7,6	240	550	-	24	0,27	3,0
	Очищенный	7,4	5,0	20	3,3	3,2	4,8	0,47
11	Поступающий	7,4	240	450	180	26	0,18	3,4
	Очищенный	7,3	5,0	21	1,2	4,0	3,9	0,65

Таблица 4.5 – Показатели очистки сточных вод, полученные на установке с вторичным отстойником

Номер пробы	Сток	pH, ед. pH	Взв. в-ва, мг/л	ХПК, мг/л	БПК ₅ , мг/л	N-NH ₄ , мг/л	N-NO ₃ , мг/л	P-PO ₄ , мг/л
1	Поступающий	7,1	440	490	170	15	1,2	1,3
	Очищенный	7,3	10	36	2,2	0,52	10	<0,1
2	Поступающий	7,3	240	390	160	21	0,58	1,8
	Очищенный	7,4	5	29	1,6	2,2	9,8	0,2
3	Поступающий	7,3	140	350	130	31	0,40	2,8
	Очищенный	7,5	10	46	3,6	14	3,3	0,17
4	Поступающий	7,1	180	300	-	22	0,54	2
	Очищенный	7,5	6,5	65	-	13	6,5	0,98
5	Поступающий	7,2	180	310	140	28	0,27	2,3
	Очищенный	6,8	5	36	2,9	5,1	10	0,74
6	Поступающий	7,1	440	700	-	37	0,22	3,1
	Очищенный	7,2	6,9	31	-	3,9	11	0,15
7	Поступающий	7,2	78	230	-	26	0,4	3,4
	Очищенный	7,3	7,8	36	-	6,7	8,2	0,14

Таблица 4.6 – Сравнение показателей очистки сточных вод, полученных в установке с МБР и в установке с вторичным отстойником

Показатель очистки	Установка с МБР	Установка с вторичным отстойником
Доза активного ила, мг/л	5000-7000	2000-3000
Продолжительность пребывания сточной воды, ч	10,5	19
Средние показатели очищенной воды		
Взвешенные вещества, мг/л	5,6	7,3
ХПК, мг/л	21	40
БПК ₅ , мг/л	2,5	2,6
N-NH ₄ , мг/л	2,9	6,5
N-NH ₃ , мг/л	7,8	8,4
P-PO ₄ , мг/л	0,47 (без реагента)	0,35 (с реагентом)
Значения за период испытаний (минимальное – максимальное)		
Взвешенные вещества, мг/л	5,0-6,1	5-33
ХПК, мг/л	10-31	29-65
БПК ₅ , мг/л	1,2-3,3	1,6-3,6
N-NH ₄ , мг/л	1,6-3,4	0,52-14,0
N-NH ₃ , мг/л	2,3-12	3,3-11
P-PO ₄ , мг/л	0,15-0,98	<0,1-0,98
Средняя эффективность очистки, %		
Взвешенные вещества, мг/л	97	95,8
ХПК, мг/л	94,7	91,2
БПК ₅ , мг/л	98,3	98,2
N-NH ₄ , мг/л	86,7	75,3
P-PO ₄ , мг/л	82,1	83,8

Как видно из представленных данных, в установке с МБР в целом получены более высокие показатели очистки сточных вод, так как использование мембранного биореактора позволяет работать при гораздо более высоких дозах активного ила. Меньший разброс показателей очистки сточных вод для установки с МБР свидетельствует, что данная технология обеспечивает более стабильное качество очистки, а из среднего значения ХПК можно сделать вывод, что для нее также характерна более высокая эффективность очистки по трудноокисляемым веществам. Кроме того, стоит отметить высокую степень удаления фосфора без использования химических реагентов.

В ходе испытаний отдельное внимание уделялось отслеживанию пропускной способности мембран, для чего ежедневно проводилось измерение удельного расхода пермеата и концентрации активного ила, соответствующие данные представлены на рисунке 4.12.

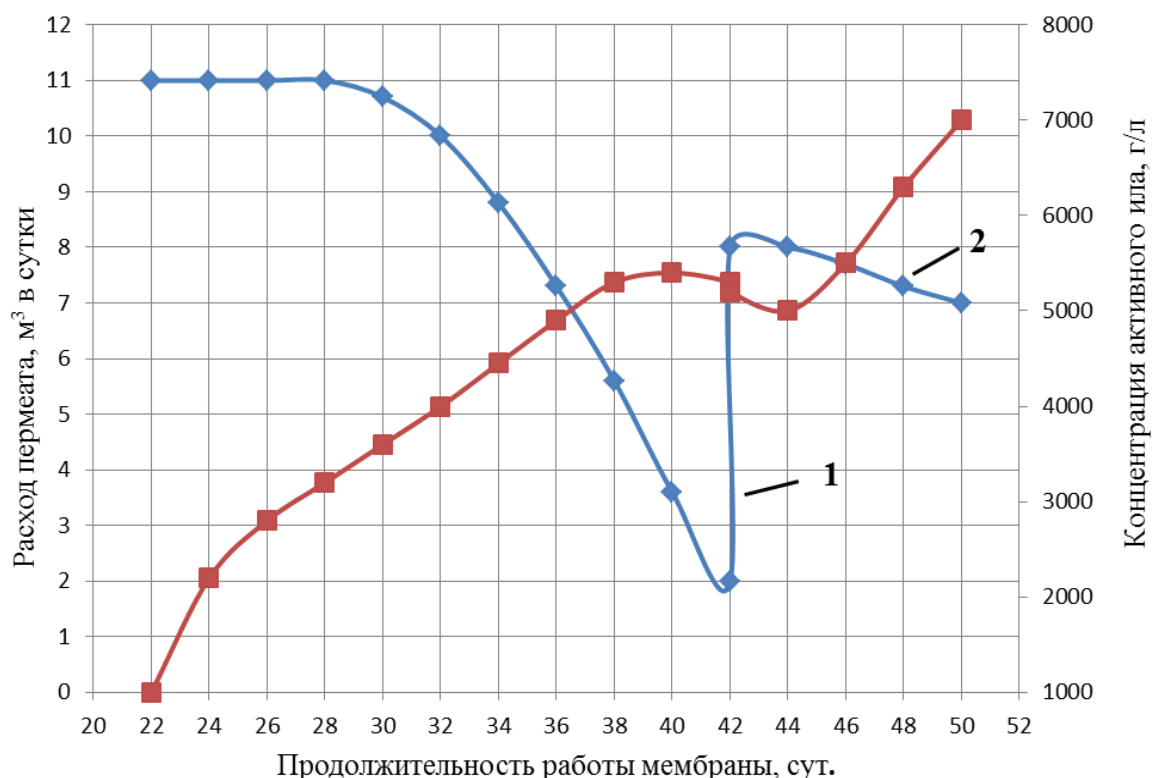


Рисунок 4.12 – Зависимость от времени работы мембран: 1 - удельного расхода пермеата;
2 - концентрации активного ила

Как видно из рисунка 4.11, не смотря на аэрацию и обратную промывку, со временем пропускная способность мембран падает. При достижении предельно допустимого минимального значения расхода пермеата была применена химическая регенерация, позволившая восстановить пропускную способность мембран на 70 % по сравнению с значением характерным для новых мембран.

Для настройки оптимальных режимов обратной и химической промывки МБР использовался разработанный алгоритм автоматического управления временем и частотой обратной промывки по постоянно измеряемому значению трансмембранного давления.

Для химической регенерации в качестве реагента был применен двухпроцентный раствор соляной кислоты, критерием окончания химической промывки служило постоянство достигнутого значения расхода пермеата, общая длительность химической промывки составила 15 минут.

Таким образом, химическая промывка МБР понадобилась через полтора месяца после запуска биореактора, что соответствует рекомендациям производителя, согласно которым химическая промывка мембран должна осуществляться один раз в 1-2 месяца. В целом стоит отметить, что настройка оптимальных режимов обратной и химической промывки МБР является весьма сложной задачей, наиболее прогрессивным подходом для решения которой является автоматическое управление временем и частотой обратной промывки по постоянно измеряемому значению трансмембранного давления. Также существуют ряд подходов для интенсификации процесса регенерации мембран, в частности, установка в биореакторе ультразвуковых излучателей, завихрителей потока и другие.

Выводы по четвертой главе

1. К преимуществам технологии МБР относятся: возможность работы при более высоких дозах активного ила, способствующая повышению мощности очистных сооружений и соответственно снижению их массогабаритных

характеристик при той же производительности; стабильное качество очистки сточных вод; высокая эффективность очистки по трудноокисляемым веществам.

2. Основным недостатком технологии МБР является необходимость регенерации мембран с высокой эффективностью обуславливающая дополнительную сложность управления технологическим процессом.

3. До настоящего времени в судовых системах не применялась технология мембранно-биологической очистки в сочетании с глубокой биологической очисткой по трехзонной схеме анаэробно-аноксидно-оксидной обработке.

4. Наиболее эффективно мембраны используются в комбинация с другими методами очистки (гибридные процессы).

5. Мембранное разделение, являясь элементом технологической цепи биологических сооружений существенно влияет на параметры биоценоза в процессе очистки (возраст и концентрацию активного ила) и выполняет роль вторичного отстойника. Оптимальная концентрация активного ила для МБР не более 8 г/л, что позволяет уменьшать размеры очистных сооружений более чем в 3 раза по сравнению с традиционными технологиями.

6. Использование мембранно-биологической очистки позволяет получать стабильное качество очистки сточных вод, отказаться от использования химических реагентов при биологической очистке сточных вод для удаления фосфора, добиться более высокой очистки по трудноокисляемым веществам.

7. Пропускная способность МБР напрямую влияет на суточный расход установки.

8. Использование полуволоконных мембран в условиях требующих консервации очистных сооружений при отрицательных температур возможно.

Глава 5 Перспективные направления дообработки воды для очистных сооружений малой производительности для морских сооружений.

5.1 Исследование возможности использования электроудержания как физического метода обеззараживания воды

В семидесятых годах был разработан принципиально новый для того времени метод очистки воды, основанный на взаимодействии микробных клеток и примесей с поверхностью твердых материалов в неоднородном электрическом поле [19]. Преимущество метода виделось в управляемости процесса очистки и возможности его автоматизации. Однако данный метод на практике широкого применения не нашел в силу ряда объективных причин, в том числе и из-за отсутствия необходимого технологического оборудования и загрузок. За прошедшее время были разработаны основы процесса электроудержания [84,120] микроорганизмов и примесей и найдены материалы, которые можно применять в качестве электрозагрузки. Механизм извлечения частиц из воды фильтрованием и сорбцией на зернистых загрузках также достаточно изучен и изложен теоретически такими учеными, как Д.М. Минц, Г.И. Николадзе, М.Н.Ротмистров, И.Д. Смирнов, М.Г. Журба [121]. В настоящее время подобные системы представлены рядом моделей, например, электросорбционные аппараты «ЭЛЕКОН» и «КАСКАД» используются для очистки воды практически из любых источников и характеризуются способностью в одной единственной рабочей камере устранять загрязнения самых различных видов. Производительность установок зависит от количества модулей в устройстве и лежит в пределах от 50 до 2 000 л/ч [43].

Существующая проблема увеличения производительности технологии электроудержания в первую очередь зависит от степени использования рабочей поверхности загрузки, что составило предмет настоящего исследования.

В указанных аппаратах используются загрузки из керамических материалов. В этом случае микроорганизмы и примеси концентрируются на поверхности

зерен, обращенных к аноду приложенного напряжения, что практически вдвое уменьшает площадь рабочей поверхности загрузки. При использовании в качестве электрозагрузки пьезокерамики (например титаната бария) рабочая поверхность увеличивается, в результате того, что примеси концентрируются на поверхности зерен в местах их контакта. Однако это не приводит к полному использованию поверхности загрузки, что также снижает площадь потенциальной рабочей поверхности. При использовании пьезокерамики важную роль в обеспечении эффекта электроудерживания микроорганизмов играет электростатическое взаимодействие примесей с поляризованным полем материала загрузки, перераспределением зарядов, электростатическим, диполь - дипольным взаимодействием загрузки и примесей, которые, как известно, обладают в электрическом поле водной среды значительным дипольным моментом. В целях настоящего исследования были использованы сегнетоэлектрические керамические материалы на основе титаната бария (BaTiO_3) с большей диэлектрической проницаемостью (от 1250 до 10000). Поляризационный заряд q , Кл, таких материалов определяется известным уравнением

$$q = \frac{\varepsilon E}{4\pi} \quad (5.1)$$

где E – напряженность электрического поля, Н/Кл;

ε - диэлектрическая проницаемость.

5.1.1 Объект исследований

Электросорбирование микроорганизмов на гранулах пьезокерамической загрузки электросорбционного фильтра.

5.1.2 Установка для проведения исследований

Однокамерная ячейка заполняется наполнителем, способным весьма интенсивно «извлекать» (сорбировать) из жидкости и удерживать на себе как

частицы с различной дискретностью так и некоторые растворенные вещества (микроорганизмы, белки, нуклеиновые кислоты и т.п.).

Через ячейку снизу вверх с постоянной скоростью подается исходная жидкость. На электроды подается ток напряженностью 0—225 В/см. В опытах использовали в виде водных растворов в концентрациях, не превышающих 0,02%.

Известно, что при наложении однородного электрического поля между дисперсными частицами происходит диполь-дипольное взаимодействие, которое приводит к образованию устойчивых или распадающихся цепочечных агрегатов.

Если энергия диполь-дипольного взаимодействия частиц в поле превосходит энергию электрического отталкивания, то частицы сблизятся на такие расстояния, где молекулярные силы притяжения преобладают и цепочечные агрегаты после снятия поля будут устойчивы.

Электрофорез микроорганизмов используют как лабораторный метод концентрирования микроорганизмов. Однако, по всеобщему признанию специалистов, электрофорез не может стать промышленным способом отделения микроорганизмов от жидкостей.

В рассматриваемых нами случаях (микробная клетка в воде) $\epsilon_2 > \epsilon_1$ и на поверхности частицы возникает избыток поляризационных зарядов, которые приводят к притяжению и агрегированию частиц друг с другом.

Установка, с помощью которой изучался процесс удерживания микроорганизмов, выполнена из оргстекла и состоит из корпуса и электродов (рисунок 5.1). Электродами служат пластины – крышки из нержавеющей стали. Камеру заполняли зернистой загрузкой и через нее пропускали содержащую микроорганизмы жидкость — сточную воду, водопроводную, дистиллированную и воду, содержащую от 10 до 10^9 клеток/мл.

Схема испытаний с установкой представлена на рисунке 5.2

Экспериментальные данные, показывающие производительности различных загрузок приведены в таблице 5.1.

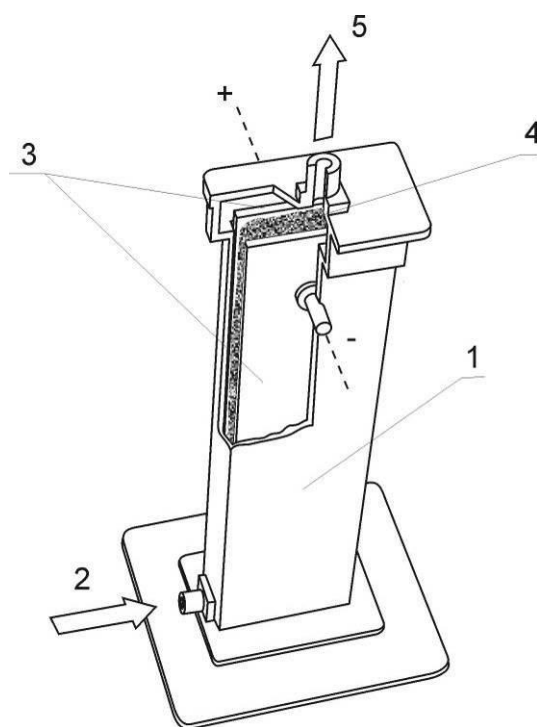


Рисунок 5.1 – Внешний вид (слева) и схема (справа) экспериментального макета установки обеззараживания сточных вод
1 – корпус; 2 - входной патрубок; 3 – электроды; 4 – загрузка; 5 - выходной патрубок

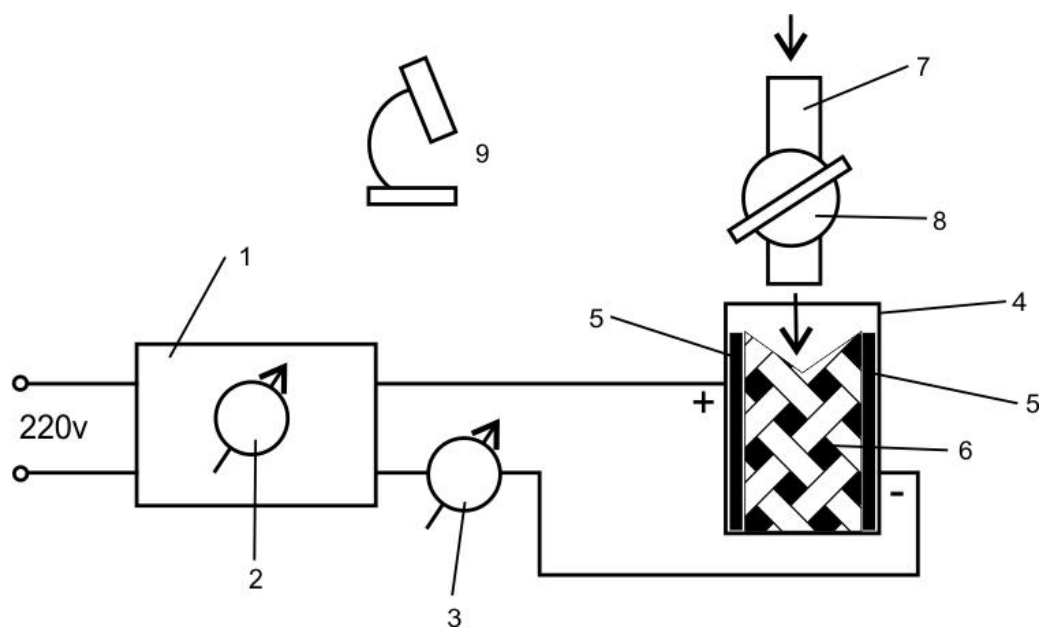


Рисунок 5.2 – Схема испытаний
1 – блок питания, 2 - вольтметр, 3 – микроамперметр, 4 – установка, 5 – электроды, 6 – загрузка, 7 – водопровод, 8 – кран, 9 – микроскоп

Таблица 5.1 – Эффективность сорбции-десорбции разных электросорбентов при различных pH среды

Сорбционный материал	Напряжение, В	pH	Концентрация сорбированных клеток, на загрузке, %	Концентрация десорбированных клеток от исходного объема, %
Пьезокерамика (титанат бария Т-10000 с дисперсностью гранул 0,25–0,5 мм)	12	4,9	78,2	33,8
		6,1	82,3	41,1
		7,4	85,4	42,0
		8,0	81,5	43,3
Кварцевый песок (0,3 мм и до 1 мм)	20	5,1	11,9	7,7
		6,3	24,8	13,3
		7,2	31,5	13,6
		8,1	15,4	11,2

Было установлено, что основная часть поверхности гранул пьезокерамики в силу слабого электрического заряда не активно сорбирует клетки микроорганизмов, а десорбция микроорганизмов с сильно заряженных участков происходит не полностью.

Устранения этого недостатка было предложено путем рассеивания электрического поля высокой концентрации, образующегося в местах соприкосновения гранул пьезокерамики.

Такое рассеяние было выполнено с помощью покрытия, имеющего достаточную гидрофобность и низкую диэлектрическую проницаемость. Таким условиям соответствует сополимер стирол с дивинилбензолом [125]. При близких значениях диэлектрических проницаемостей полимерного покрытия и гранул пьезокерамики обеспечивается равномерное распределение заряда на гранулах, что резко увеличивает их электросорбционную емкость и заметно улучшает процесс десорбции материала при снятии электрического поля (таблица 5.2).

Изучение способа концентрирования микроорганизмов производилась на макете рабочей ячейки (рисунок 5.1), позволяющей моделировать различные условия эксперимента. Исследования проводились на лабораторной базе ООО «Аквапатент» и ГНЦ РФ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» при участии и консультирования доктора медицинских наук Воробейчикова Владимира Михайловича.

Таблица 5.2 – Зависимость десорбции микробных клеток от покрытия гранул сегнетоэлектрика полимерной пленкой

Электросорбционная керамическая загрузка	Концентрация микроорганизмов в растворе до электросорбции, %	Концентрация сорбированных микроорганизмов на загрузке, %	Концентрация десорбированных микроорганизмов, %
BaTiO ₃	100	83,3	44,4
BaTiO ₃ с полимерным покрытием	100	86,4	72,7

5.1.3 Программы и методики лабораторных исследований

Испытаниям проводились на макете рабочей ячейки. Целью испытаний является проверка работоспособности устройства и оценка возможности применения метода для обеззараживания сточных вод. Испытания проводились в лабораторных условиях с использованием следующей измерительной и иной аппаратуры:

- а) вольтметр постоянного тока, диапазон измерения напряжения 5-50 вольт;
- б) микроамперметр;
- в) микроскоп бинокулярный.

В ходе испытаний выполняются следующие процедуры:

- проверка на соответствие конструкции макета нормам техники безопасности;
- проверка времени готовности к работе при включении питания;
- проверка времени самоочистки;
- проверка зависимости степени водоочистки от величины приложенного напряжения.

Испытания проводились по следующей методике:

- перед началом испытаний макет подключают к источнику постоянного тока;
- проверяют время готовности макета к работе при включении питания, путем подключения макета к источнику воды, (источник постоянного тока

включен). Выполняют забор проб воды на выходе макета через 3 мин в течении 30 мин. Путем наблюдения проб в микроскоп оценивают степень очистки воды (наличие и количество микроорганизмов и примесей). Отключают источник питания от сети 220 вольт. Промывают макет при включенном источнике воды в течении 30 мин. Отключают источник воды;

- проверяют время самоочистки устройства, путем подключения макета к источнику воды. Включают источник постоянного тока к сети 220 в. На выходе выставляют напряжение 20 вольт. Через 1 час работы устройства выполняют забор пробы воды на выходе устройства. Отключают источник питания от сети 220 вольт. Каждые 5 минут берут пробы воды на выходе устройства в течении 30 минут. Отключают источник воды;

- проверяют зависимость степени водоочистки от величины приложенного напряжения, путем подключения макета к источнику воды. Включают источник постоянного тока к сети 220 в и устанавливают напряжение постоянного тока 15 вольт. Каждые 5 минут брать пробы воды на выходе устройства в течении 30 минут. Отключают источник питания от сети 220 вольт. Промывают макет в течении 1 часа. Повторяют исследования, повышая напряжение постоянного тока на 5 вольт до достижения 30 вольт. Отключают источник питания от сети 220 вольт. Производят обработку результатов испытаний.

5.1.4 Результаты исследований

Пропускание достаточно густой суспензии микроорганизмов через не бывшую в употреблении загрузку приводит к тому, что часть клеток задержится этой загрузкой, так как поверхность твердых тел в той или иной степени адсорбирует микроорганизмы. Адсорбционная емкость даже самых лучших адсорбентов микроорганизмов сравнительно невелика, а небольшой (несколько сантиметров) слой крупнозернистого (0,5—3 мм) или не спрессованного материала не представляет собой фильтрующей перегородки для частиц столь малого размера, поэтому уже через считанные минуты концентрация микробных

клеток на выходе из камеры сравнивается с их концентрацией в исходной жидкости. При попытке повторного (после простой промывки водой) использования загрузки эффекта отделения микроорганизмов не наблюдалось, так как материал исчерпал все свои адсорбционные возможности и нуждается в регенерации.

При наложении электрического поля на такую загрузку, она приобретает способность удерживать несравненно большие количества микроорганизмов, на десятки порядков превышающие адсорбционную емкость материала загрузки. При длительном пропускании раствора через установку в загрузке наблюдалось удерживается настолько большое количество клеток, что они превращаются в пастообразную массу, забивают каналы и поры, а гидравлическое сопротивление системы возрастает до такой степени, что препятствует протеканию суспензии.

Отключение электрического поля освобождает микробные клетки, и они вымываются потоком жидкости в виде густой массы, концентрация клеток в которой может в десятки раз превышать концентрацию исходной суспензии. Повторное включение тока приводит к немедленному удерживанию клеток и отделению их от жидкости. Таким образом, одну и ту же загрузку можно успешно, без какой бы то ни было специальной регенерации реактивами использовать многократно — практически бесконечно долго.

Относительно механизма удерживания микробных клеток поляризованными материалами можно сказать следующее. Для непосредственного наблюдения за поведением клеток микроорганизмов при протоке жидкости в неоднородном электрическом поле, направленном перпендикулярно движению суспензии, использовалась описанная выше ячейка. После отключения тока микроорганизмы, принимавшие участие во вращательном движении, и основная масса клеток, скопившихся на поверхности силикагеля, увлекаются потоком жидкости. При этом цепочечные агрегаты и конгломераты клеток тут же распадаются.

Важную роль в обеспечении эффекта электроудерживания микроорганизмов играет, электростатическое взаимодействие микробных клеток с поляризованным полем материалами.

Таким образом, наблюдаемый эффект связан, с поляризацией веществ в электрическом поле, перераспределением зарядов, электростатическим, диполь-дипольным взаимодействием материалов и микробных клеток, которые, как известно, обладают в водной среде значительным дипольным моментом. Это взаимодействие в определенной степени обеспечивает удерживание дисперсных частиц различными зернистыми и волокнистыми материалами в электрическом поле.

В целях настоящего исследования были использованы доступные для открытой практики сегнетоэлектрические керамические материалы на основе титаната бария (BaTiO_3) с диэлектрической проницаемостью (ϵ) – 10000.

5.2 Перспективные направления для создания новых технических средств и методов дообработки воды для морских сооружений

Повышение комфортности условий обитаемости экипажей морских сооружений различного назначения транспортных судов, ПБУ, платформ и терминалов предъявляет особые требования к совершенствованию систем питьевого и хозяйственного водоснабжения этих объектов.

На морских сооружениях принято делить пресную воду на два вида: питьевую, используемую для питья и приготовления пищи и мытьевую, используемую для хозяйственных нужд (хозяйственно-бытовую или техническую). При этом питьевая вода должна соответствовать всем требованиям стандарта для питьевой воды [107], а мытьевая только по бактериологическим показателям.

Нормы водопотребления на морских сооружениях определяются санитарными правилами.

При сроках хранения пресной воды на борту более семи суток для обеспечения требуемого качества воды необходимо иметь оборудование для её санитарно-гигиенической обработки.

Эта обработка включает в себя следующие операции:

- а) обеззараживание воды, реагентное и безреагентное;
- б) осветление воды;
- в) дезодорация воды;
- г) консервация воды;
- д) минерализация дистиллята при приготовлении воды на борту.

При этом необходимо учитывать, что эксплуатация ПБУ в арктических морях со значительной длительностью ледового периода выдвигает дополнительные требования к системам водоподготовки. Условия эксплуатации диктуют уменьшение необходимости использования танкеров-водолеев, уменьшение запасов пресной воды на морских сооружениях, в том числе, даже за счёт отказа от сброса хозяйственно-бытовых вод в море после их соответствующей обработки.

Это требует комплексного рассмотрения вопросов проектирования систем водоснабжения и систем очистки сточных вод. То есть для сокращения объёмов пресной воды (за исключением питьевой) современные технологии позволяют из хозяйственно-бытовых вод получить воду, которую можно использовать вторично.

Безусловно, что различные функциональные узлы систем водоснабжения производились и производятся в России и за рубежом. Все они имеют свои достоинства и недостатки. В то же время комплексного изучения вопросов водоснабжения морских сооружений в плане влияния на здоровье людей, экологию и в плане технико-экономического анализа использования тех или иных технологий обработки воды и соответствующих технических решений по узлам систем и системам в целом по известным причинам в России за последние 2 десятилетия не проводились.

В настоящее время в связи с активным освоением Арктики, повышения требований к защите окружающей среды и к экологии населенных мест, или временных поселений, промышленных и других объектов, расположенных на берегах рек, морей и других акваторий, а также к ликвидации аварий и устранению их последствий в кратчайшие сроки приводит к необходимости

поиска эффективных технических решений, соответствующим возникающим задачам.

Одна из таких задач могла бы быть – создание и использование плавсредств специального назначения. Создание комбинации плавсредств с использованием современных малогабаритных и эффективных систем очистки стоков и систем водоподготовки является новым направлением в судостроении – суда жизнеобеспечения. Одно из таких решений предложено и опубликовано [61]

Использование современных «компактных» технологий в области систем водоподготовки и очистки сточных вод позволяет существенно снизить площади размещения и энергозатраты на такие системы, как: системы опреснения морской воды, системы подготовки питьевой воды и системы очистки сточных вод. Таким образом, другим направлением, могли бы быть различные системы дообработки воды (системы водоподготовки).

Пресная вода, используемая на морских сооружениях, должна соответствовать государственному стандарту по следующим показателям: органолептические свойства; физико-химические свойства; бактериологические свойства.

Конструктивно система пресной воды состоит из цистерн запаса, насосов, пневмоцистерны. оборудования для санитарно-гигиенической обработки воды, воздушных, наливных трубопроводов. трубопроводов, подающих воду потребителям.

Пополнение запасов пресной воды на морских сооружениях может происходить двумя путями: либо поступать с танкеров-водолеев, либо приготавливаться на борту. Для ПБУ, терминалов, находящихся в арктических морях предпочтительным является второй путь. Это диктует необходимость иметь на морских сооружениях специальное оборудование, в том числе для опреснения морской воды и её минерализацию стандартными наборами солей. Определённым преимуществом воды, приготовленной непосредственно на объекте, является то, что она не подлежит длительному хранению и постоянно возобновляется. Нужно подчеркнуть, что при опреснении морской воды

достигается не только её обессоливание, но и очистка от различных химических загрязнений. Так содержание нефтепродуктов в процессе дистилляции снижается на 80%, канцерогенных веществ- практически на 100%.

В настоящее время для кондиционирования солевого состава опреснённой воды, с целью придания ей питьевых свойств применяют: контактную минерализацию путём пропускания воды через фильтр, насыщающий её солями; прямое дозирование солей в виде таблеток или растворов; добавление к опреснённой воде части морской.

Проблема уменьшения общих запасов пресной воды на морских сооружениях в арктических морях может быть решена следующим образом:

а) разделением систем пресной воды на автономные системы питьевой и мытьевой воды. При этом питьевая вода должна отвечать всем требованиям [107], а мытьевая вода - только по бактериологическим показателям;

б) получением пресной воды опреснением морской воды с полной обработкой только питьевой воды;

в) введением в состав системы вновь разработанного оборудования для дообработки хозяйственно-бытовых вод с целью использования их в качестве мытьевой воды;

г) введением универсальных систем обеззараживания для вод всех видов, в т.ч. балластных.

Особое внимание в настоящей работе было уделено информационно-патентному поиску с использованием МПК в базах данных Европы, США и Японии и анализу результатов этого поиска в обоснование выработки и принятия решений по системам водоснабжения на 2-х уровнях (узлы и системы) и др. источники.

Для подготовки питьевой воды перспективно применение мембранных методов, при этом наряду с удалением различных загрязнителей происходит обеззараживание воды [143].

Перспективны известные методы сорбционной обработки воды на активированных углях [93]. В основе работы угольных фильтров лежит процесс

адсорбции – задержание молекул загрязнителей поверхностью твёрдого вещества.

Основным недостатком использования активированных углей на практике является низкая эффективность их регенерации. Регенерация углей может производиться химическим [68], термическим [58,59] и биологическим методами.

Наряду с вышеописанными методами дообработки воды основным методом дообработки и обеззараживания воды остается метод обработки ультрафиолетовым облучением. Основным источником ультрафиолетового излучения являются ртутно-кварцевые лампы непрерывного излучения с линейчатым спектром излучения. Из-за низкой интенсивности излучения таких ламп очистка водных сред от растворенных органических соединений с помощью такого устройства требует большого времени обработки, что обуславливает низкую производительность. Одной из причин выхода из строя подобных ламп является наличие в них электрических контактов, через которые подается как ток для «поджигания» паров ртути, так и последующее поддержание ультрафиолетового излучения (УФИ), воздействующего на бактерии и вирусы. В соответствии с [41] эпидемическая безопасность воды по паразитологическим показателям достигается при обеззараживании ее УФ-облучением в дозах: для питьевой воды - $40\text{--}45 \text{ мДж/см}^2$, сточной - не менее 65 мДж/см^2 .

В работе [33] приводятся данные об инактивирующем воздействии УФИ на ДНК бактерий. Из приведенного на рисунке 5.3 графике видно, что значительное воздействие на ДНК происходит не только в области 250 нм (ртутная лампа), но и на смежных участках от 300 нм и ниже 120 нм.

Поэтому для обеззараживания воды возможно использование и других источников, имеющих сплошной спектр или спектр линейчатый в указанном диапазоне.

В патенте [62] МВТУ им. Баумана представлено техническое решение, включающее источник УФ излучения - специальную трубку, заполненную газом, а в качестве возбудителя УФ излучения используется импульсный ток высокого напряжения (10 кВ).

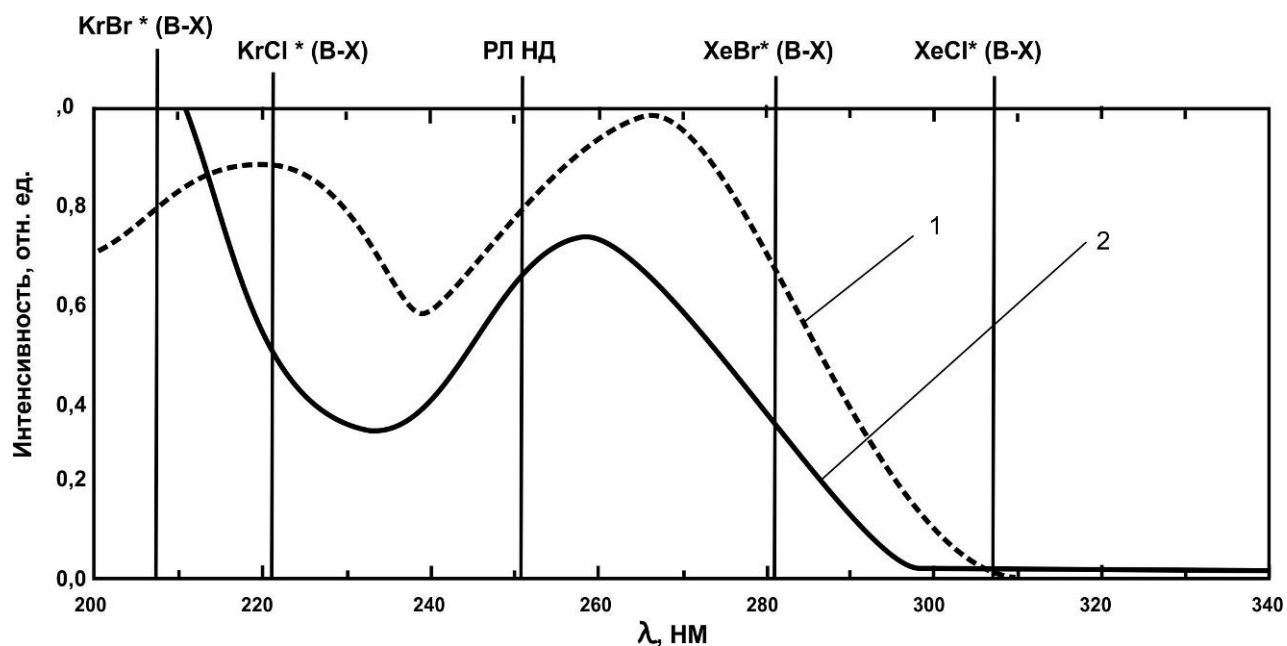


Рисунок 5.3 – Спектр инактивирующего действия УФИ на бактерии вида *Escherichia coli* (1) и интегральный спектр поглощения ДНК (2)

Выполнены исследования и разработаны бесконтактные генераторы ультрафиолетового излучения для локальных систем подготовки питьевой воды [54]. Разработана конструкция устройства обеззараживания с бесконтактным генератором УФИ, в форме тороида, помещенного в корпус, снаружи которого находится витки индуктора.

По мнению разработчиков, такая форма устройства позволяет наиболее эффективно использовать энергию излучения газов за счет, сравнительно, тонкого внешнего слоя воды снаружи тороида и «подкручивания» потока при прохождении через канавки, расположенные под углом, при входе во внутреннюю полость.

5.2.1 Объект исследований

Объектом исследования является устройство обеззараживанию воды путем облучения её с помощью бесконтактных устройств генерации УФИ. На рисунке 5.4 изображен общий вид установки для проведения исследований.

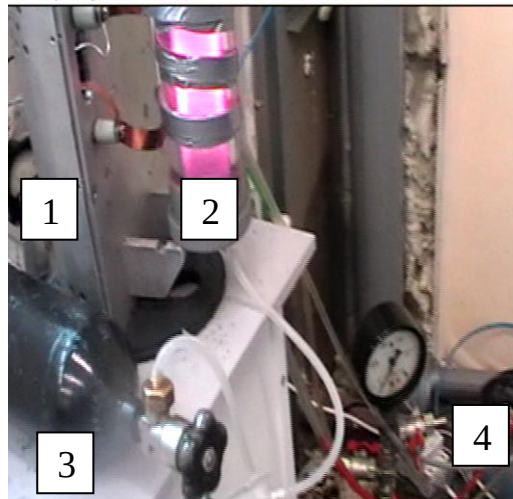


Рисунок 5.4 – Комплекс для проведения испытаний опытного образца генератора УФИ
1-генератор ТВЧ; 2 - генератор УФИ; 3 - баллон с ксеноном; 4 – форвакуумный насос с вакуумметром

Схематическое изображение устройств приведено на рисунке 5.5 и 5.6.

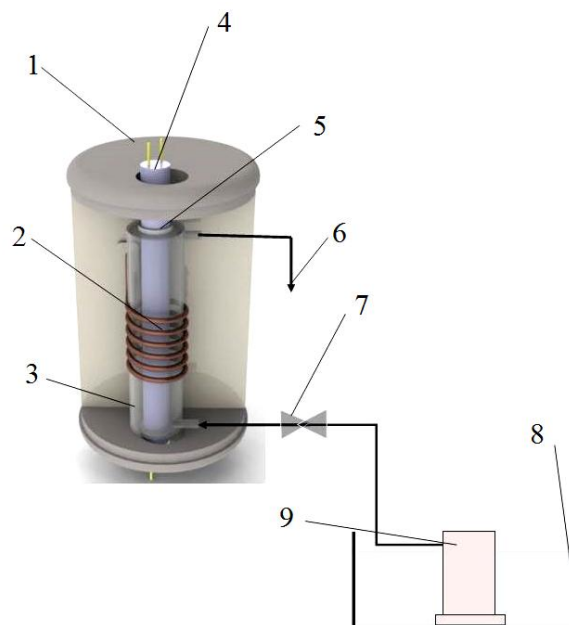


Рисунок 5.5 – Схема соединений при проведении испытаний устройства генератора УФИ на стандартной ртутной лампе (СРЛ)

1 - ВЧ генератор; 2- индуктор; 3 - кварцевая колба; 4- стандартная лампа УФ длиной 1 м;
5 - уплотнительная прокладка; 6 - выход воды; 7 - кран подачи воды; 8 - обрабатываемая вода; 9 - погружной насос

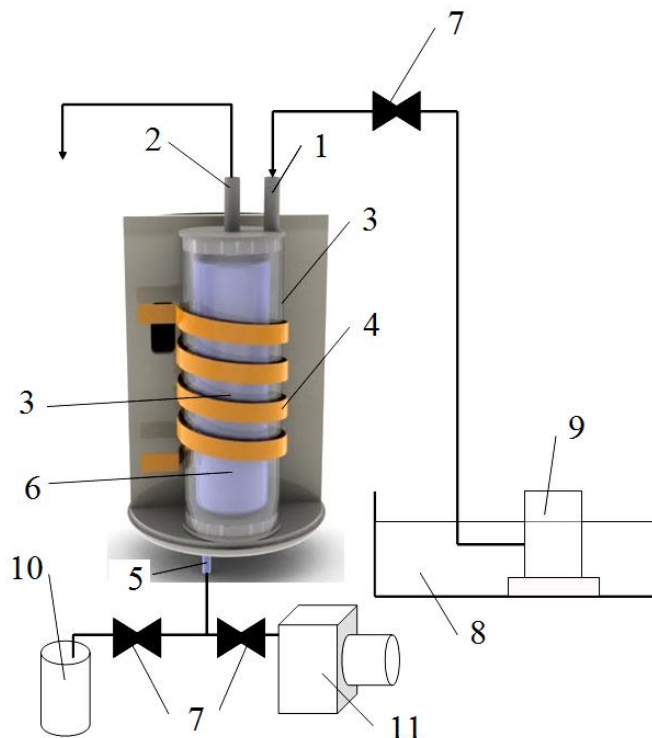


Рисунок 5.6 – Схема соединений при проведении испытаний опытного образца устройства генератора УФИ на основе тороидной колбы

1 - вход воды; 2- выход воды ; 3 – корпус; 4 –индуктор; 5 - штуцер откачки; 6 – тороидная колба; 7 – штуцер для откачки газа; 8 - обрабатываемая вода; 9 - погружной насос; 10- баллон с ксеноном; 11 - форвакуумный насос

Испытания проводились в Северной станции аэрации (ССА) Санкт-Петербурга. Для оценки эффективности работы генераторов УФИ бралась вода из коллектора очищенных вод ССА, разводимая в отношении, 1:5 и 1:4 водопроводной водой.

5.2.2 Программа и методика испытаний

Целью проводимых по настоящей программе и методике испытаний опытного образца БУ-УФИ является определение функциональной работоспособности и основных параметров устройства, выявление удельных энергетических затрат и бактерицидных свойств разработанного образца и типовой ртутной лампы для обеззараживания воды.

Испытания проводились на Северной станции очистки сточных вод ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Перечень этапов испытаний:

1) Первичные испытания направлены на определение удельных затрат электроэнергии и бактерицидных свойств для обеззараживания воды при использовании типовой ртутной лампы низкого давления и источника ультрафиолетового излучения в виде колбы, заполненной ксеноном и помещенной в электромагнитное поле индуктора, питаемого током высокой частоты. В процессе этого этапа также подбирается давление в колбе с ксеноном, обеспечивающее наибольший коэффициент полезного действия излучения ксенона для стерилизации воды;

2) Вторичные испытания направлены на определение функциональной работоспособности, бактерицидных свойств и удельных затрат электроэнергии на обеззараживание воды при использовании опытного образца БУ-УФИ в виде тороида, обтекаемого водой, заполненного ксеноном и помещенного в электромагнитное поле индуктора, питаемого током высокой частоты.

Испытания включают оценку величины энергии излучения ртутной лампы низкого давления мощностью 30 Вт при стандартном источнике питания; величины энергии излучения колбы с ксеноном при различных давлениях ксенона, помещенной в электромагнитное поле индуктора, питаемого от генератора тока высокой частоты. Мощность, подаваемая на индуктор должна соответствовать мощности ртутной лампы; бактериологических свойств ртутной лампы и баллона с ксеноном при заданном расходе очищаемой воды - отношений показателя коли-индекса на входе воды к этому же показателю на выходе. При недостаточном уровне загрязненности водопроводной воды (коли-индекс для одного дм^3 - менее 3000) для испытаний используется сточная вода со станции очистки, разбавленная водопроводной водой до нужной величины коли-индекса;

Условия и порядок проведения испытаний:

1) Испытания проводятся на территории Северной станции очистки сточных вод;

2) Вода для проведения испытаний берется из резервуара, являющаяся замыкающей в линейке очистки сточных вод (предполагаемое значение коли-индекса – около 10^6 шт/л), или перед отстойниками;

3) Продолжительность испытаний определяется временем, необходимым для регулировки мощности генератора ТВЧ и стабилизации заданных расходов воды;

Для сканирования величины энергии источников излучения использовался спектро-фото-радиометр фирмы «ТКА» (Санкт-Петербург), обеспечивающей измерение энергии УФ-И в диапазоне 200-380 нм.

Описание методики испытаний:

1) Замеры спектро-радиометром излучения колбы, заполненной ксеноном, при давлениях: 0,15; 0; 10; 0,05 кгс/см² и выбор варианта с наибольшим значением интенсивности излучения (мВт/м²);

2) Поиск оптимального значения частоты генератора ТВЧ в диапазоне от 100 до 1000 кГц (при «наилучшей» выбранной интенсивности излучения – п. 1) путем замеров интенсивности излучения колбы;

3) Замер спектро-радиометром интенсивности излучения ртутной лампы при питании лампы от электрической сети;

4) Определение значения коли-индекса сточной воды с целью дальнейшего её разведения до нужной концентрации (около 10⁶);

5) Определение значений коли-индекса воды на входе и Выходе из резервуара при воздействии излучения ртутной лампы и расходе воды $Q_0 = 3,5$ л/мин (5 м³ в сутки);

6) Определение значений колли-индекса воды на входе и выходе из резервуара при воздействии излучения колбы с ксеноном при расходе 3,5 л/мин при значениях мощности, питаемой индуктор, равной мощности излучения – W_0 ртутной лампы с учетом длины её активной зоны (длины резервуара с проточной водой);

7) Заполнение резервуара (тороида) ксеноном при давлении, выбранном по п.1;

8) Определение значений коли-индекса воды на входе и выходе из резервуара при значениях мощности $W = W_0$, Вт и расходах воды $Q = Q_0$, л/мин.

Первичные испытания соответствуют пунктам 1 – 6, вторичные пунктам 6 -7. Количество анализов по определению коли-индекса уточняется в процессе проведения испытаний.

5.2.3 Результаты исследований

Результаты анализа разбавленной сточной воды на входе и выходе из устройства и данные о режимах работы устройства (ртутной лампы и тороидной колбы) приведены, соответственно, в таблицах 5.3 и 5.4.

Таблица 5.3 – Данные о режимах работы устройства (ртутной лампы) и результатах анализа

Номер пробы	Источник УФИ	Расход, л/мин	Мощность, Вт	Вид бактерий		Кратность уменьшения	
				ОКБ	ТКБ	ОКБ	ТКБ
0	Исходная концентрация ОКБ и ТКБ в воде			33182	15455		
1	Стандартная ртутная лампа	2	50	345	159	97	97
2	Ртутная лампа в поле ТВЧ	2	50	241	109	137	141
3	Ртутная лампа в поле ТВЧ	2	100	7	3,5	4740	4415
4	Ртутная лампа в поле ТВЧ	1	100	2	1	16591	15455

Таблица 5.4 – Данные о режимах работы устройства (тороидной колбы) и результатах анализа

Номер пробы	Газ	Расход, л/мин	Мощность, Вт	Виды бактерий		Кратность уменьшения	
				ОКБ	ТКБ	ОКБ	ТКБ
0	Исходная концентрация ОКБ и ТКБ в воде			20208	13100		
1	Воздух	2	120	255	138	79	94
2	Ксенон	2	150	164	100	123	131
4	Ксенон	2	100	355	245	57	53
5	Ксенон	2	80	382	291	53	45
6	Воздух	1	100	318	227	64	57

Сравнение данных о кратности уменьшения общих (ОКБ) и термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ) при воздействии УФИ ртутных ламп и тороида с ксеноном или воздухом показывает, что: при малых мощностях

питания генераторов УФИ эти показатели соизмеримы; при больших мощностях - для ртутной лампы в поле ТВЧ интенсивность излучения растет в квадратичной зависимости; для тороида с ксеноном и воздухом – близки к линейным. В последнем случае значения показателей требуют более полных исследований, касающихся анализа излучения ксенона в «вакуумной» области УФИ (с длиной волны менее 200 нм) и давления ксенона в тороиде.

По результатам проведенных исследований были разработан целый ряд устройств различного класса, на исследуемом принципе, в результате были получены и запатентованы следующие технические решения:

1) Резервуар для хранения преимущественно питьевой воды [66], обеспечивающий обеззараживание питьевой воды при одновременном ее длительном хранении (рисунок 5.7).

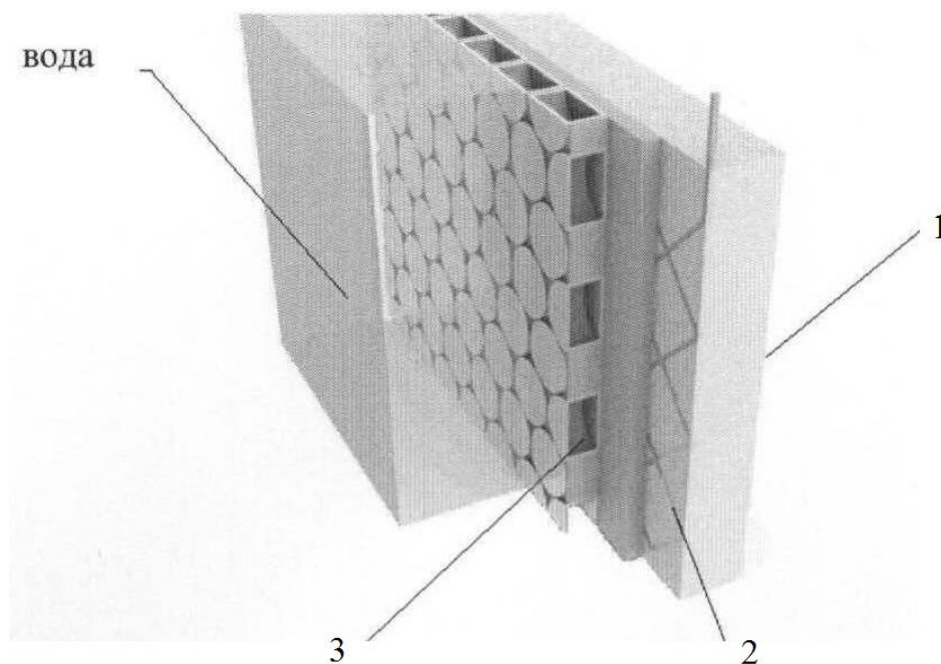


Рисунок 5.7 – Стенка резервуара для хранения питьевой воды

1 - корпус, 2 – проводники, 3 – кварцевое покрытие

Резервуар содержит корпус с замкнутой емкостью для хранения воды, образованной панелями, имеющими соответствующую форму, на поверхность

панелей, обращенных в емкость, нанесен керамический слой, тело которого армировано проводниками, причем на поверхность этого слоя нанесено кварцевое покрытие, имеющее в своем составе элементы ультрафиолетового излучения, взаимодействующие с электромагнитным полем, возникающим между проводниками, при этом проводники подсоединены к высокочастотному генератору, расположенному вне емкости, с возможностью создавать условия ультрафиолетового излучения через внутреннюю поверхность емкости в ее объем упомянутыми элементами, расположенными в кварцевом покрытии. Подобные устройства могут быть использоваться в качестве цистерн питьевой воды на судне, а также различных емкостных устройств;

2) Устройства для регенерации активированного угля [56,64]. Эксперименты с углеводородными жидкостями показали высокую эффективность предложенного технического решения по высокотемпературной регенерации активированных углей токами высокой частоты и могут быть рассмотрены как способы очистки углей, насыщенных жидкими углеводородами при устранении аварийных разливов или загрязнений. Дальнейшие работы могут быть направлены на изготовление и проведение ресурсных испытаний опытных образцов устройств фильтра;

3) Компактное устройство для фильтрации воды с озонированием [60];

4) Фильтры с принципиально новой ультрафиолетовой загрузкой, представляющей собой пустотелые формы из кварцевого стекла, облучаемые СВЧ-резонатором и генерирующие УФ излучение [67,69];

5) Фильтр для дообработки воды со светодиодными источниками УФ излучения, [63];

6) Керамический мембранный фильтров (КМФ), с автоматической регенерацией токами высокой чистоты [65].

5.3 Технико-экономическое обоснование разработки систем очистки сточных вод для морских сооружений

Разведанные на начало 1990-х годов запасы углеводородов на шельфе России составляли:

- по нефти – 17,6 млрд. т;
- по газу - 59,2 трл. куб. м.

По оценкам крупнейших компаний, работающих на шельфе арктических морей, Дальнего Востока и Каспия, освоение континентального шельфа уже к 2030 году потребует создания технических средств, способных добыть и транспортировать до 110 млн. тонн нефти и до 160 млрд. куб. метров газа в год с необходимой инфраструктурой обслуживания.

Нефтяным компаниям для реализации их программ по разработке шельфа до 2030 года потребуется примерно 22 стационарные платформы.

Газовому монополисту только для нужд Штокмановского месторождения надо иметь несколько платформ [136].

Планы требуют колоссальных средств. Создание добычной платформы в среднем обходится в \$1 млрд. Затраты на реализацию только первой очереди Штокманского оцениваются в \$15 млрд.

Следует отметить, что в 2007 году приводились данные Минпромэнерго России о необходимости строительства в период до 2030 г. 41 платформы для добычи нефти и 14 платформ для добычи газа [137].

Вариант программы строительства буровых установок и добычных платформ для ОАО «Газпром» представлен в таблице 5.5.

Приведенные данные позволяют судить о возможной потребности нефтегазодобывающих компаний в установках для очистки сточных вод.

В соответствии с этим до 2030 года определена потребность до 40 установок очистки сточных вод производительностью 50 м³/сут.

Производственная программа представлена в таблице 5.6. План-график потока инвестиций приведен в таблице 5.7.

Таблица 5.5 – Морская техника для освоения углеводородных ресурсов континентального шельфа (ОАО «ГАЗПРОМ») (выборка)

Наименование проекта (корабля/судна)	Количество единиц	Количество единиц по годам			
		2008-2009	2010-2015	2016-2020	2020-2030
Буровые установки	10	3	7	-	
Технологические платформы	9	2	5	2	-

Таблица 5.6 – Производственная программа

Годы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объем производства, шт.			1	2	4	5	7	7	7	7

Таблица 5.7 – План-график потока инвестиций

Инвестиционные потребности (млн. руб.)	0-й год	1-й год	2-й год	Всего
Аренда оборудования	-	-	1,0	1,0
Запас комплектующих			1,5	1,5
НИР и разработка технической документации	20,0	-	-	20,0
Реклама	-	0,1	-	0,1
Всего	20,0	0,1	2,5	22,6
Непредвиденные расходы		0,01	0,3	0,31
Итого	20,0	0,11	2,8	22,91

Стоимость одной установки очистки сточных вод для нефтегазодобывающих платформ в комплекте с ЗИП и сопроводительной документацией по предварительной оценке будет 5 млн. руб., что в частности, на 1,5 млн. рублей ниже стоимости аналогичной закупленной зарубежной установки для обработки сточных вод Omnipure ISMX MP.

Прогноз прибылей от реализации разрабатываемой установки очистки сточных вод и денежных потоков (доходы минус расходы) приведен в таблице 5.8. Как указывалось выше, преимущество в стоимости отечественной разрабатываемой установки для нефтегазодобывающих платформ составит по сравнению с зарубежным аналогом примерно 1,5 млн. руб. Для определения дисконтированного экономического эффекта на конец 2015 года необходимо

определить ставку дисконтирования. Так как в процессе реализации инвестиционного проекта существуют риски, связанные с его осуществимостью, то ставку дисконтирования принимаем 35 %, наиболее часто применяемую для рискованных проектов.

Расчет дисконтированного экономического эффекта от использования разрабатываемой установки ОСВ приведен в таблице 5.9.

Таким образом, дисконтированный экономический эффект от использования 40 установок очистки сточных вод на нефтегазодобывающих платформах и терминалов составляет 10.180.000 руб.

Таблица 5.8 – Прогноз прибылей и денежных потоков от реализации установок очистки сточных вод

Показатели	Значения показателей по годам, млн. руб									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Общий объем инвестиций	2,0	0,11	2,8	-	-	-	-	-	-	-
Объем реализации установок, шт.			1	2	4	5	7	7	7	7
Объем выручки от реализации установок			5	10	20	25	35	35	35	35
Полная себестоимость			4	8	16	20	28	28	28	28
Валовая прибыль (20 % от выручки)			1	2	4	5	7	7	7	7
Постоянные расходы (3% от выручки)			0,15	0,30	0,60	0,75	1,05	1,05	1,05	1,05
Прибыль от уплаты налога (5-6)			0,85	1,70	3,40	4,25	5,95	5,95	5,95	5,95
Налог на прибыль (20%)			0,17	0,34	0,68	0,85	1,19	1,19	1,19	1,19
Чистая прибыль (7-8)			0,68	1,36	2,72	3,40	4,76	4,76	4,76	4,76
Ежегодный денежный поток (1+9)	-20	-0,11	-2,12	1,36	2,72	3,4	4,76	4,76	4,76	4,76
Накапливаемый денежный поток	-20	-20,11	-22,23	-20,87	-18,15	-14,75	-9,99	-5,23	-0,47	4,29

Таблица 5.9 – Расчет дисконтированного экономического эффекта от использования установки очистки сточных вод

Показатели	Значения показателей по годам, млн. руб									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Экономический эффект на одну установку	1,5									
Объем реализации установок, шт.			1	2	4	5	7	7	7	7
Экономический эффект на годовой выпуск			1,5	3,0	6,0	7,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Ставка дисконтирования, %	35									
Фактор текущей стоимости		0,741	0,549	0,406	0,301	0,223	0,165	0,122	0,091	0,067
Текущее значение			0,82	1,22	1,81	1,67	1,73	1,28	0,95	0,70
Текущее значение экономического эффекта на конец 2015 года	10,18									

Выводы по пятой главе

1. Технология электроудержания как физического метода обеззараживания воды может быть использована в качестве безхлорсодержащей технологии обеззараживания.

2. Использование пьезокристаллической загрузки, на поверхность которой нанесено покрытие из полимерного вещества со значением диэлектрической проницаемостей близкой к используемой загрузке улучшает ее восстановительную способность (десорбцию микроорганизмов) примерно на 30%.

3. К наиболее перспективным методам дообработки воды можно отнести:

а) мембранные методы при разделении водно-органических смесей жидкостей, особенно при получении воды высокой степени очистки;

б) методы УФ обеззараживания с использованием токов высокой частоты

в) методы сорбционной фильтрации на активированных углях с регенерацией токами высокой частоты;

4. По результатам проведенных информационных и экспериментальных исследований были разработан ряд устройств различного класса: резервуар для хранения питьевой воды, устройство регенерации активированного угля, компактное устройство для фильтрации воды, фильтры с самоизлучающей загрузкой, саморегенерирующийся керамический мембранный фильтр;

5. Вопросы проектирования систем водоснабжения на оффшорных сооружениях и судах требуют комплексного рассмотрения совместно с системами очистки сточных вод, при этом выделено два направления развития: создание комбинации плавсредств с использованием современных малогабаритных и эффективных систем очистки стоков и систем водоподготовки как новое направление в судостроении – суда жизнеобеспечения и развитие новых средств и методов дообработки непосредственно на оффшорных сооружениях и судах.

6. По сравнению с известными малогабаритными установками очистки сточных вод судов разрабатываемая установка обладает преимуществами, обеспечивающие надежность работы установки в условиях характерного для работы нефтегазодобывающих платформ неравномерного качественного и количественного состава исходной (сточной) воды.

7. Срок окупаемости проекта по выпуску 40 установок ОСВ нефтегазодобывающих платформ и терминалов составит 8 лет (2024 год), начиная с 2017 года – года выпуска первой установки.

8. Дисконтированный экономический эффект от использования разрабатываемой установки ОСВ по сравнению с закупкой аналогичной установки за рубежом составит около 10 млн. рублей.

Заключение

Активизация эксплуатации недр арктического шельфа и освоение территорий архипелагов и островов Северного Ледовитого океана, а также осознание роли высокотехнологичных технических решений как основного инструмента инновационных преобразований экосистем дали основание для постановки и решения задачи создания систем водоотведения для морских оффшорных объектов Арктики.

Разработка новых систем очистки и обеззараживания сточных вод на оффшорных сооружениях и судах потребовало комплексного рассмотрения проблемы с учетом особенностей арктического региона, наличием замерзшего морского льда, длительного периода отрицательных температур и длительные сроки восстановления биоценоза, в случае его нарушения в результате деятельности человека.

При этом было обосновано и рекомендовано два направления развития: создание комбинации плавсредств с использованием современных малогабаритных и эффективных систем очистки стоков и систем водоподготовки как новое направление в судостроении – суда жизнеобеспечения и развитие новых средств и методов дообработки непосредственно на оффшорных сооружениях и судах.

В связи с отсутствием опыта эксплуатации разрабатываемых систем на оффшорных объектах в условиях Арктики, проектирование, строительство и эксплуатация установок очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, производимых на оффшорных объектах был учтен опыт эксплуатации существующих судовых и береговых установок очистки малой производительности, которых имеется большое разнообразие, как по производительности, так и по используемым принципам. Большое внимание было уделено изучению опыта решения подобных задач в смежных отраслях и за рубежом как в части применяемых установок, так и описания патентов на эти установки, применяемые технологии и устройства функциональных узлов.

Анализ имеющихся методов и конструкций установок позволил сделать вывод, об отсутствии подходящих систем очистки сточных вод, удовлетворяющие сформулированным в настоящей работе требованиям для систем очистки сточных вод для морских оффшорных объектов. Универсального метода очистки, который удовлетворял бы всем необходимым критериям ни в нормативных актах, научных и научно-технических источниках выявить не представилось возможным. Это обстоятельство потребовало необходимость обоснования состава средств очистки сточных вод, произвести их типизацию и разработать технические условия на такие системы.

При решении поставленных задач, было доказано о необходимости применения новых нестандартных технических решений, для чего разработана и применена технология поиска и создания новых охраноспособных технических решений. В указанных условиях использован комплексный метод создания новых технических конструкций и методов в области очистки и обеззараживания сточных вод систем водоочистки для морских оффшорных объектов (метод инверсии международной патентной классификации), позволяющий эффективно подбирать перспективные для применения и дальнейшего совершенствования передовые технические решения (прототипы) и производить разработку новых решений на уровне лучших мировых аналогов и выше.

Результаты выполненных исследований, показали, что процесс создания новых технических конструкций и методов предполагает создание результатов интеллектуальной деятельности, без которых процесс разработки теряет смысл и представляет собой процесс проектирования или простого подбора технологий и оборудования.

В диссертационной работе на основе выполненных исследований дано новое технологическое решение актуальной научно-технической проблемы создания устройств и методов водоочистки и обеззараживания сточных вод на морских объектах в Арктике путем использования инновационных технологий, что обеспечивает высокую экономическую эффективность предлагаемых решений, поскольку существующие технологии создания новых технических

средств и методов не учитывают особенности отраслевого применения результатов интеллектуальной деятельности. Предложенный метод позволил разработать следующие технические решения:

- прототип перспективной компактной автоматизированной безреагентной комбинированной системы глубокой очистки сточных вод для морских оффшорных объектов в Арктике (на примере нефтегазодобывающих платформ);
- узел микрофльтрации системы очистки сточных вод;
- усовершенствованный способ ультрафиолетового обеззараживания с использованием индуктивного поля токов высокой частоты;
- усовершенствованный метод электроочистки сточных вод с использованием низкого напряжения;
- варианты конструкций узлов обеззараживания.

В работе впервые изучен вопрос использования предлагаемой технологии мембранно-биологической очистки в сочетании с глубокой биологической очисткой по трехзонной схеме анаэробно-аноксидно-оксидной обработке для оффшорных объектов. Результаты показали, что наиболее эффективно мембраны используются в комбинация с другими методами очистки (гибридные процессы). Исследования показали, что использование предлагаемой технологии позволяет в 1,5-2 раза уменьшить объемы очистных сооружений. Эффективность и надежность процесса очистки, по показателям качества очищенной воды, приближающиеся к предельно-допустимым нормативам для сброса в рыбохозяйственные водоемы. Было установлено, что мембранное разделение, являясь элементом технологической цепи биологических сооружений существенно влияет на параметры биоценоза в процессе очистки (возраст и концентрацию активного ила). Оптимальная концентрация активного ила для МБР не более 8 г/л. Результаты исследований и испытаний показали перспективность использования полуволоконных мембран в условиях требующих консервации очистных сооружений при отрицательных температурах.

Предложены инновационные направления обеззараживания воды. Результаты экспериментов с лампами, наполненных различными газами и

помещенные в индуктивное поле токов высокой частоты, и результаты экспериментов, проведенные с технологией электроудержания как физического метода обеззараживания воды показали, что предложенные технологии могут быть использованы в качестве перспективных технологий обеззараживания. Новым результатом является использование пьезокристаллической загрузки, на поверхность которой нанесено покрытие из полимерного вещества со значением диэлектрической проницаемостей близкой к используемой загрузке улучшающей ее восстановительную способность (десорбцию микроорганизмов) примерно на 30%.

Технико-экономический анализ показал экономическую целесообразность использования предлагаемых систем на морских оффшорных объектах.

Список использованных источников

1. Абакаров А.Ш., Сушков Ю.А. Программная система поддержки принятия рациональных решений «MPRIORITY 1.0» // Электронный научный журнал «Исследовано в России», 2005. 2130-2146.
2. Административный регламент исполнения Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам государственной функции по организации приема заявок на изобретение и их рассмотрения, экспертизы и выдачи в установленном порядке патентов Российской Федерации на изобретение, Утвержден приказом Минобрнауки России от 29 октября 2008 года № 327
3. Азгальдов Г.Г., Киреев С. Е., Костин А. В., Кынин А.Т., Левочкина Н.В., Привень А.И., Смирнов В. В., Федосеев А. В., Яскевич Е.Е. «Методика проведения оценки соответствия технологий производства продукции (работ, услуг) гражданского назначения мировому уровню развития науки и техники» С приложением порядка и экспертного заключения о проведении публичного технологического аудита инвестиционных проектов. М.: ЗАО «Центр передачи технологий».2013. 62 с.
4. Азгальдов Г.Г. Разработка теоретических основ квалиметрии: Дис. на соиск. учён. степени д.э.н. / Военно-инж. акад. им. В.В. Куйбышева. – М., 1981 - <http://www.labrate.ru/azgaldov/azgaldov-qualimetry-referat-1981.doc>
5. Азгальдов Г.Г., Костин А.В. Интеллектуальная собственность, инновации и квалиметрия // Экономические стратегии, 2008. - №2. – С.162 – 164.
6. Азоев Г.Л., Челенков А.П. Конкурентные преимущества фирмы. – М.: ОАО Типография «Новости», 2007. – 120 с.
7. Азоев Г.Л. Маркетинговые исследования для среднего бизнеса: состояние рынка и перспективы развития // МАРКЕТИНГ И МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. - 2001. - №2.

8. Алгоритм решения изобретательских задач АРИЗ-85-А. Методич. указания для слушателей ВГКПИ по курсу «Методы решения изобретательских задач». – Новосибирск: Сиб. отд. ВАСХНИЛ, 1985. – 25 с.

9. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения, Московский рабочий, 2-е изд. — М :Московский рабочий, 1973.-296 с.

10. Альтшуллер Г.С. Теория и практика решения изобретательских задач: Сборник учеб.-метод. материалов по ТРИЗ /Г.С. Альтшуллер, Б.Л. Злотин, А.В. Зусман. - Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1989. - 126 с. - МНТЦ «Прогресс».

11. Анализ существующих систем и разработка технических предложений по составу, структуре и техническим решениям обработки сточных вод (ОСВ) на нефтегазодобывающих платформах и отгрузочных терминалах», Технический отчет. Водоканал Санкт-Петербурга. С.-Петербург. 2010

12. Аникин Б. А. Аутсорсинг: методология создания высокоэффективных и конкурентоспособных организаций / Б. А. Аникин // Сборник материалов научно-теоретической конференции М.: Народный учитель, 2003. - 101 с.

13. Аникин, Б. А. Аутсорсинг и аутстаффинг: высокие технологии менеджмента: учеб. пособие / Б. А. Аникин, И. Л. Рудая. М. : ИНФРА-М, 2006. - 288 с.

14. Аникин Б.А., Рудая И.Л. Аутсорсинг и аутстаффинг: высокие технологии менеджмента. Учеб. Пособие// М.: ИНФРА-М, 2007.

15. Аутсорсинг: создание высокоэффективных и конкурентоспособных организаций : учеб. пособие / под ред. проф. Б. А. Аникина. М.: ИНФРА-М, 2003. - 220 с.

16. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления.-М.: Высшая школа,2003.-614 с.

17. Волосов К.А. Методика анализа эволюционных систем с распределенными параметрами. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Специальность - 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации. Государственное образовательное

учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет путей сообщения "(МИИТ). Москва - 2007 г. 263 с.

18. Водный кодекс Российской Федерации», Федеральный закон от 03.06.2006 №74 – ФЗ.

19. Гвоздяк П.И., Гребенюк В.Д., Кошечкина Л.П., Чеховская Т.П., Гвоздяк Р.И., Ротмистров М.Н., Щучьева А.В. Способ очистки воды. А.С. №470503. Бюл., 1975, т.52, №8, с.50.

20. Герасимов В.М., Литвин С.С. Единая система ТРИЗ-ФСА. – Журнал ТРИЗ, №3.2.92, С.7-45.

21. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

22. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1316-03 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

23. Гинзбург Е.Г. Законы и методология организации производственных систем: Учеб. пособие. — Иваново: ИГУ, 1988.

24. ГОСТ Р 50.1.028-2001. Методология функционального моделирования. Рекомендации по стандартизации: Официальные рекомендации по применению стандартов IDEF для функционального моделирования. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 53 с.

25. ГОСТ Р 50.1.028-2001. Методология функционального моделирования. Рекомендации по стандартизации: Официальные рекомендации по применению стандартов IDEF для функционального моделирования. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 53 с.

26. ГОСТ 15.101-98. Порядок выполнения научно-исследовательских работ.

27. ГОСТ Р 15.201-2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.

27. Закон РФ от 23.08.1996 N 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике», принят Государственной Думой 12.07.1996, ред. от 13.07.2015.

29. Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений. Мозговой штурм // Методы менеджмента качества, №1, 2003.

30. Комов А.Н. Продукция НИОКР в структуре жизненного цикла промышленной продукции и принципиальные подходы к оценке ее эффективности / Экономика и управление научными исследованиями и разработками. Материалы постоянного семинара под ред. д.э.н. К.Ф. Пузыни — Л: Ленинградский дом научно-технической пропаганды, 1990. — с. 60-73.

31. Календжян С.О. Аутсорсинг и делегирование полномочий в деятельности компаний. М.: «Дело», 2003.

32. Кононова С.В. Отчет о научно-исследовательской работе «Поиск перспективных методов обработки воды» ЗАО «АКВАПАТЕНТ», 2010.

33. Лаврентьева В. и др. Бактерицидное действие ультрафиолетового излучения эксимерных и эксиплексных ламп на чистые культуры микроорганизмов / Известия Томского ГУ, 2008, № 2 (3), с.12-17.

34. Локальные канализационные очистные установки ЛКОУ, ЛКОУ-К. Материалы сайта ЗАО «Акваметосинтез» <http://www.aqms.ru/production/prod.html>.

35. Мандель А.Я., Палий В.В., Ратников П.В. Основные технико-технологические аспекты освоения месторождений углеводородов на шельфе арктических морей РФ. - http://www.congress-azprom.ru/congress_tomsk

36. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78), ИМО.

37. Методика разработки допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты водопользователей. Утверждена Приказом МПР России от 12 декабря 2007 г. № 333.

38. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ РД IDEF0 – 2000 (проект). Научно-исследовательский Центр CALS – технологий «Прикладная Логистика» Москва, 2000г. - 75с.

39. Михрин Л.М. Предотвращение загрязнения морской среды с судов и морских сооружений. Кн.1.Основные международные, региональные, национальные и российские документы. –С.-Пб.:МЦЭБ, 2005, 366 с.

40. Михрин Л.М. Предотвращение загрязнения морской среды с судов и морских сооружений. Кн.2.Технология и оборудование. –С.-Пб.:МЦЭБ, 2005, 334 с.

41. Методические указания 3.2.1757-03. Санитарно-паразитологическая оценка эффективности обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением

42. Мишуков Б. Г., Соловьева Е. А. «Разработка унифицированных блоков и систем очистки, обеззараживания и утилизации сточных вод нефтегазодобывающих платформ и терминалов на основе использования современных технологий» Технический отчет. Водоканал Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, 2010

43. Многофункциональные фильтры для очистки воды. Электронный ресурс URL <http://www.elecotec.com>. Дата обращения 15 октября 2014

44. Мурашев С.В. Анализ и оценка эффективности применения аутсорсинга в области управления результатами интеллектуальной деятельности: магистерская диссертация 22200068 «Инноватика» / Мурашев Сергей Владимирович. – СПб., 2013 – 92 с.

45. Наблюдение за ледовой обстановкой/составитель Степанов В.В. СПб.: ГНЦ РФ ААНИИ, 2009, 360 с.

46. Одрин В.М. Метод морфологического анализа технических систем. М.: ВНИИПИ, 1989.

47. Одрин В.М., Картавов С.С. Морфологический анализ систем. Построение морфологических таблиц. Киев: Наукова думка, 1977.

48. Одрин В.М. Морфологический синтез систем: морфологические методы поиска. Препринт 86-5.Киев: Институт кибернетики им. В. М. Глушкова АН УССР, 1986.

49. Одрин В.М. Морфологический синтез систем: постановка задачи, классификация методов, морфологические методы «конструирования». Препринт 86-3. Киев: Институт кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР, 1986.

50. Орлова Н.С., Бромберг Г.В., Соловьева Г.М. Разработка методики определения доли дохода, полученного предприятием от использования запатентованных объектов промышленной собственности/ Отчет о НИР Р17-ЭП-98, № гос. регистрации 01980008509 - М.: ФИПС Роспатент, 1998

51. ОСТ 5Р.5554-96. Установки судовые для очистки и обеззараживания сточных и хозяйственно-бытовых вод. Основные параметры и общие технические требования, ISO 15749-1:2004. Ships and marine technology — Drainage systems on ships and marine structures – Part 1: Sanitary drainage-system design

52. ОСТ Р5.5414-2011. Системы сточные судовые. Правила проектирования

53. Отчет по результатам ознакомления с системой очистки бытовых стоков на МЛСП «Приразломная»:01.08.11 – 02.08.11, Мурашев С.В., Петров Н.И., Подпорин А.В., ЗАО «Аквапатент» 2010

54. Отчет «Поиск перспективных методов обработки воды», ЗАО «Аквапатент», СПб 2011

55. Отчет о проведении испытаний опытного образца установки для очистки сточных вод ОСВ-5.0 зао «Аквапатент») 2013 г. 6с

56. Пат. 2499770 Российская Федерация МПК C02F1/28, B01J20/34 Фильтр для очистки воды на основе активированного угля и способ его регенерации [Текст] / Кармазинов Ф.В, Кинебас А.К., Трухин Ю.А., Мурашев С.В., Петров Е.И.; заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» - № 2011139630; заявл. 30.09.11 ; опубл. 10.04.13, Бюл. № 33. – 8 с.

57. Пат. 2537611 Российская Федерация МПК C02F9/14, C02F3/30, C02F1/44, C02F103/20 Установка очистки хозяйственно-бытовых сточных вод [Текст] / Трухин Ю.А., Васильев Б.В., Шилова Н.К., Мурашев С.В., Ромодин К.М., Ильичев С.В.; заявитель и патентообладатель Российская Федерация, от

имени которой выступает Министерство промышленности и торговли Российской Федерации - № 2012134592; заявл. 14.08.12 ; опубл. 10.01.15, Бюл. № 1. – 10 с.

58. Пат. 2499770 Российская Федерация МПК C02F1/28, B01J20/34 Фильтр для очистки воды на основе активированного угля и способ его регенерации [Текст] / Кармазинов Ф.В, Кинебас А.К., Трухин Ю.А., Мурашев С.В., Петров Е.И.; заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» - № 2011139630; заявл. 30.09.11 ; опубл. 10.04.13, Бюл. № 33. – 8 с.

59. Пат. 2467955 Российская Федерация МПК C02F1/28, B01D63/00 Устройство для обработки жидкости [Текст] Кинебас А.К., Мельник Е.А., Нефедова Е.Д., Гвоздев В.А., Трухин Ю.А., Мурашев С.В., Петров Н.И., Форопонов А.А.; заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ЗАО «Аквапатент» - № 2011112289; заявл. 30.03.11; опубл. 27.11.12, Бюл. № 33. – 6 с.

60. Пат. 2471722 Российская Федерация МПК C02F1/78 Устройство для очистки и обеззараживания водных сред [Текст] Кинебас А.К., Мельник Е.А., Трухин Ю.А., Мурашев С.В., Петров Н.И., Форопонов А.А.; заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ЗАО «Аквапатент» - № 2011112288; заявл. 30.03.11; опубл. 10.01.13, Бюл. № 1. – 8 с.

61. Пат. 131712 Российская Федерация МПК C02F1/00, B63J4/00 Мобильный водоочистной комплекс [Текст] / Ипатко М.Н., Мельник Е.А., Ким А.Н., Мурашев С.В., Шилов С.А.; заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», - № 2011126058; заявл. 20.06.11; опубл. 27.08.13, Бюл. № 24. – 2 с.

62. Пат. 2031850 Российская Федерация МПК C02F1/32, Устройство для очистки и обеззараживания водных сред [Текст] /Архипов В.П., Камруков А.С., Овчинников П.А., Теленков И.И., Шашковский С.Г., Яловик М.С., заявитель и патентообладатель Малое научно-производственное предприятие "Мелитта" - №93009567; заявл. 26.02.1993, опубл. 27.03.1995

63. Пат. 2450978 Российская Федерация МПК C02F1/32 Устройство для обработки жидкостей УФ-излучением [Текст] / Кармазинов Ф.В., Кинебас А.К.,

Трухин Ю.А., Мурашев С.В., Степанов В.В., заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», - № 2010132397; заявл. 02.08.10; опубл. 10.02.12, Бюл. № 14. – 7 с.

64. Пат. 2467955 Российская Федерация МПК C02F1/28, B01D63/00 Устройство для обработки жидкости [Текст] Кинебас А.К., Мельник Е.А., Нефедова Е.Д., Гвоздев В.А., Трухин Ю.А., Мурашев С.В., Петров Н.И., Форопонов А.А.; заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ЗАО «Аквапатент» - № 2011112289; заявл. 30.03.11; опубл. 27.11.12, Бюл. № 33. – 6 с.

65. Пат. 2472574 Российская Федерация МПК B01D63/00, B01D65/02 Устройство для очистки и обеззараживания воды [Текст] Кармазинов Ф.В., Кинебас А.К., Трухин Ю.А., Мурашев С.В., Петров Е.Н., Форопонов А.А.; заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ЗАО «Аквапатент» - № 2011112272; заявл. 30.03.11; опубл. 20.01.13, Бюл. № 2. – 8 с.

66. Пат. 2472688 Российская Федерация МПК B65D88/00 Резервуар для хранения питьевой воды [Текст] / Кармазинов Ф.В., Кинебас А.К., Мельник Е.А., Трухин Ю.А., Мурашев С.В., Петров Е.Н.; заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ЗАО «Аквапатент» - № 2011126059; заявл. 20.06.11; опубл. 20.01.13, Бюл. № 2. – 8 с.

67. Пат. 2472712 Российская Федерация МПК C02F1/32 /Устройство для обеззараживания воды [Текст] Кармазинов Ф.В., Кинебас А.К., Ипатко М.Н., Трухин Ю.А., Мурашев С.В., Петров Н.И., Ромодин К.М.; заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ЗАО «Аквапатент» - № 2011111210; заявл. 24.03.11; опубл. 20.01.13, Бюл. № 2. – 7 с.

68. Пат. 2510887 Российская Федерация МПК C02F1/28, C02F1/50, C01B31/08 /Способ дообработки питьевой воды [Текст] / Мельник Е.А., Трухин Ю.А., Гвоздев В.А., Ким А.Н, Мурашев С.В., Грун Н.А. заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ЗАО «Аквапатент» - № 2012113161; заявл. 05.04.12; опубл. 10.10.13, Бюл. № 10. – 8 с.

69. Пат. 2013156801 Российская Федерация МПК C02F1/32 /Устройство обеззараживания воды [Текст] / Кинебас А.К., Трухин Ю.А., Курганов Ю.А., Мурашев С.В., Ильичев С.В., Степанов В.В., заявитель и патентообладатель ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» - № 2013156801; заявл. 20.12.13; опубл. 20.11.15, Бюл. № 32. – 4 с.

70. Правила по предотвращению загрязнения с судов, РМРС, 2005.

71. Пантелеев М. Установление новизны изобретения / Пантелеев М. // Интеллектуальная собственность. – 1997. – N 3 - 4. – С. 39.

72. Патентные исследования: Метод. пособие. – часть 3 Анализ новизны технических решений, создаваемых в процессе разработки: / Сост.: В.В. Коробко – Хабаровск: 2006. – 22 с.

73. Пиленко А. А.Привилегии на изобретения: Практическое руководство, с приложением текста всех новейших узаконений, форм деловых бумаг и кратких сведений об иностранных законах. 1916 г. 108 с.

74. Положение о классификации судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания, Российский Речной Регистр, 2002.

75. Постановление Правительства РФ от 24.03.2000 г. N 251 «Об утверждении перечня вредных веществ, сброс которых в исключительной экономической зоне Российской Федерации с судов, других плавучих средств, летательных аппаратов, искусственных островов, установок и сооружений запрещен».

76. Правила классификации, постройки и оборудования морских плавучих нефтегазодобывающих комплексов, РМРС, 2009.

77. Приказ МПР России от 17.12.2007 № 333 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей».

78. Постановление Правительства РФ от 23.07.2007 г. N 469 «О порядке утверждения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей».

79. Постановление от 23.07.2007 г. N 469 «О порядке утверждения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей».

80. Постановление Правительства РФ от 03.10.2000 г. N 748 «Об утверждении пределов допустимых концентраций и условий сброса вредных веществ в исключительной экономической зоне Российской Федерации».

81. Правила классификации, постройки и оборудования морских плавучих буровых установок и морских стационарных платформ, РМРС, 2008.

82. Правила классификации и постройки судов, РМРС, 2010.

83. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. СПб: Российский морской регистр судоходства, 2010.

84. Ротмистров М.Н., Гвоздяк П.И., Ставская С.К. Микробиология очистки воды. К.: «Наукова думка», 1978. 268 с.

85. Строительные нормы и правила СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

86. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.027-95 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения».

87. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.2582-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения»

88. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00. 2.1.5. «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы»

89. СП 4056-85 «Санитарные правила для плавучих буровых установок».

90. СП 2641-82 «Санитарные правила для морских судов СССР».

91. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1989. — 316 с.

92. Сергеев А.П. Патентное право. Издательство БЕК, 1994. — 202 с.
93. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. — Л.: Химия, 1982.
94. Специальные технические условия на проектирование и строительство систем очистки, обеззараживания и утилизации сточных вод нефтегазодобывающих платформ и терминалов на основе использования современных технологий. Пояснительная Записка. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга. 2012. 25 с.
95. Степанов В.В. Заявка на изобретение № 2014136953, МПК G06F17/00 / Способ интерактивного креативного краудсорсинга [Текст] / Степанов В.В. заявл. 11.09.14
96. Степанов В.В. Заявка на изобретение №2013142298, МПК G06F17/00 / Способ конверсии технологий [Текст] / Степанов В.В. заявл. 16.09.13; опубл. 27.03.14, Бюл. № 9. — 1 с.
97. Степанов Н.П. Использование моделирования как метода исследования процесса нововведения. В сб.: Инновационные процессы. -- М., ВНИИСИ, 1982, 146-173.
98. Стрелков О.И. Российский индекс изобретательской активности//Аккредитация в образовании» декабрь 2013 № 68.
99. Скорняков Э.П., Горбунова М.Э. Патентные исследования: Учебно-методическое пособие. — М.: ИНИЦ Роспатента, 2006. — 165 с.
100. Скорodinский А. Привилегии и патенты. Пособие для изобретателей и промышленников. 1904 г. 216 с.
101. Судовой механик: Справочник. Том 2 под ред. А.А. Фока, С1032, изд. Феникс.
102. Суда и морские технологии. Снабжение питьевой водой на судах и морских конструкциях - ISO 15748-2:2002 (E). Часть 2: Метод расчета.
103. Санитарно—эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.4.1074 — 01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

104. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.5.2582-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения».

105. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1116-10 (Изменения № 1 к СанПиН 2.1.4.1116-02) «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества».

106. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников IV. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения».

107. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.55.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».

108. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. – М., 2002.

109. СП 1814-77 Санитарные правила для морских судов промыслового флота СССР.

110. Самарский А.А. Численные методы решения многомерных задач механики и физики. //ЖВМ и МФ.–1980.–Т. 20.–№ 6.–С.1418-1428.

111. Технический отчет по теме «Анализ действующих нормативных документов и их требований по очистке, сбросу и утилизации сточных (хозяйственно-бытовых и фекальных) вод с судов с учетом специфики этих сооружений и природно-климатических условий и разработка рекомендаций по совершенствованию нормативной документации», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», 2010.

112. Технологический расчет типоразмерного ряда установок очистки сточных вод для ЖКХ и морских судов. Технический отчет ЗАО «Аквапатент», 2013, 49 с.

113. Требование на оборудование судов на соответствие знакам ЭКО и ЭКО ПРОЕКТ в символе класса судов, РМРС, 2006.

114. Технический отчет по теме ««Выбор и обоснование технических решений системы очистки сточных вод с использованием мембранных и других типов установок для оффшорных сооружений и судов» В.Е. Кононович, ЗАО «Аквапатент», 2010, 67 С.

115. Федеральный закон Российской Федерации от 18 декабря 2006 года № 230-ФЗ. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть четвертая. Раздел VII. Права на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации.

116. Федеральный закон от 10.01.2002 №7 – ФЗ «Об охране окружающей среды».

117. Федеральный закон от 18 декабря 2006 года № 230-ФЗ. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть IV. Раздел VII. Права на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации. // "Собрание законодательства РФ", 25.12.2006, N 52 (1 ч.), ст. 5496.

118. Хау Дж. Краудсорсинг. Коллективный разум как инструмент развития бизнеса/Джефф Хау; Пер. с англ.–М.:Альпина Паблишер, 2012. –288 с.

119. Черноусько Ф.Л., Меликян А.А. Игровые задачи управления и поиска – М.:Наука, 1978. 270 с.

120. Черемных С.В. и др. Структурный анализ систем: IDEF-технологии / С.В. Черемных, И.О. Семенов, В.С. Ручкин. — М.: Финансы и статистика, 2003.— 208 с.

121. Чеховская Т.П. Электроудерживание микроорганизмов в очистке воды: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность - 05.18.11 - Техническая микробиология. Институт коллоидной химии и воды им. А.В.Думанского АН УССР. Киев -1983 г. 179 с.

122. Швецов В.Н., Морозова К.М., Нечаев И.А., Киристаев А.В. Теоретические и технологические аспекты применения биомембранных

технологий глубокой очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №12. С. 25.

123. Швецов В.Н., Морозова К.М., Нечаев И.А., Киристаев А.В. Теоретические и технологические аспекты применения биомембранных технологий глубокой очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. №1. С. 10.

124. Швецов В. Н., Морозова К. М., Киристаев А. В. Преимущества биомембранных технологий для биологической очистки стоков // Экология производства. 2005. №11. С. 76-80.

125. Шорыгина Н.В. Стирол, его полимеры и сополимеры Москва-Ленинград, Госхимиздат, 1960. - 124 с.

126. Щербачева Л.В. Актуальные проблемы патентного права в России. Юнити-Дана. 2012. 127 с.

127. Aufbereitung wässriger Prozessströme mittels Reversosmose – Entwicklung von Stofftransportmodellen am Beispiel eines Abwassers aus der Lebensmittelindustrie. Ditzgen Birgit, Laufenberg Gunther, Kunz Benno, White David. Chem.-Ing.-Techn. 2002. 74, № 4, с. 433–438

128. Benitez F. Javier, Acero Juan L., Leal Ana I., Real Francisco J.. J. Hazardous Ozone and membrane filtration based strategies for the treatment of cork processing wastewaters. Mater.. 2008. 152, № 1, с. 373–380.

129. Biological Sewage Treatment System DVZ - JZR "BIOMASTER". / <http://www.aqua-chem.com/sites/default/files/brochure.pdf>.

130. Guan Yuntao, Jiang Zhanpeng, Zhu Wanpeng, Jin Peng. Huanjing kexue=Chin. J. Environ. Sci. 2000. 21, № 4, с. 52–56.

131. <http://www.evac.com/product/mbr-advanced-membrane-bio-reactor>.

132. <http://dvz-services.de/en/dvz-ska-biomaster-plus.html>.

133. <http://www.rwo.de/en/>

134. <http://www.mbsz.ru/13/21.php>

135. <http://prom-water.ru/base/>

136. <http://www.mbsz.ru/13/21.php>

137. <http://www.oilgasindustry.ru/print.php?id=7696>
138. <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2012/kanalizatsiya-novogo-pokoleniya-pomozhet-snizit-potreblenie-vody-odnovremenno-generiru>
139. Integrated system design for dewatering of solvents with microporous inorganic membranes. Chem.-Ing.-Techn. 2002. 74, № 5, c. 638–639
140. Liu Zhuan-nian, Jin Qi-ting, Zhou An-ning. Gongyeshui chuli=Ind. Water Treat. 2002. 22, № 5, c. 1–4
141. Performance characteristics of a hybrid membrane pilot-scale plant for oilfield-produced wastewater. Qiao Xiangli, Zhang Zhenjia, Yu Jialiang, Ye Xiaofeng. Desalination. 2008. 225, № 1–3, c. 113–122
142. RESOLUTION MEPC.159(55). Adopted on 13 October 2006.
143. Sur la piste de technologies mieux adaptees. Sci. et vie. 2002, № 1020, c. 140–143.
144. Treatment technology of the membrane-immersed activated sludge process. Lu Yu-kang. Gongyeshui chuli=Ind. Water Treat. 2002. 22, № 4, c. 9–11.
145. Vias para enfrentar la contaminacion por residuales liquidos en la industria azucarera. Herrera Rodriguez Zenaida, Contreras Moya Ana Margarita, Martinez Mederos Lourdes, Dominguez Elena Rosa. Afinidad. 2002. 59, № 499, c. 257–261.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

А.1 Протоколы анализа проб сточной воды установок очистки сточных вод и рекомендательное письмо ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

*Химико-бактериологическая лаборатория
сточных вод филиала «Водоотведение Санкт-Петербурга»
ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»*
аккредитована в Системе аккредитации аналитических лабораторий
(центров) Госстандарта России.
Номер Госреестра - РОСС RU. 0001.510962
197229 г. Санкт-Петербург, п. Ольгино, Коннолахтинский пр., д.12

ПРОТОКОЛ №2 анализа проб сточной воды Северной станции аэрации (опытная установка)

Дата и время отбора проб: 17.09.2012 г., 10:30

Дата и время доставки проб в лабораторию: 17.09.2012 г., 10:48

Показатель	МВИ	Приемная камера	Очищенный сток	Активный ил
pH, ед pH	ПНДФ 14.1.2:3.4.121-97	7,0	7,5	
Взвешенные вещества, мг/л	ЦВ 2.02.11-2004	170	14	2400
Зольность, %	Методика технологического контроля работы очистных сооружений	28		43
ХПК, мг/л	ПНДФ 14.1.2:4.190-03	360	41	
БПК -5, мг/л	ЦВ 3.01.16-01 «А»	150	3,8	
Азот аммонийный, мг/л	ЦВ 2.04.49-97 «А»	22	0,43	
Азот нитратов, мг/л	ЦВ 3.04.20-2002 «А»	0,36	7,1	
Фосфор фосфатов, мг/л	ЦВ 3.04.53-2004	2,5	<0,1	

Примечания:
1. Перечень применяемых МВИ определен Паспортом лаборатории.
2. Частичное воспроизведение настоящего протокола без разрешения лаборатории запрещено.

Начальник ХБЛ СВ ССА

17.09.2012 г.

О.В.Клименко

*Химико-бактериологическая лаборатория
сточных вод филиала «Водоотведение Санкт-Петербурга»
ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»*
аккредитована в Системе аккредитации аналитических лабораторий
(центров) Госстандарта России.
Номер Госреестра - РОСС RU. 0001.510962
197229 г. Санкт-Петербург, п. Ольгино, Коннолахтинский пр., д.12

ПРОТОКОЛ №4 анализа проб сточной воды Северной станции аэрации (опытная установка)

Дата и время отбора проб: 01.10.2012 г., 09:55

Дата и время доставки проб в лабораторию: 01.10.2012 г., 10:10

Показатель	МВИ	Приемная камера	Очищенный сток	Активный ил
pH, ед pH	ПНДФ 14.1.2:3.4.121-97	7,1	7,3	
Взвешенные вещества, мг/л	ЦВ 2.02.11-2004	440	10	3400
Зольность, %	Методика технологического контроля работы очистных сооружений	42		44
ХПК, мг/л	ПНДФ 14.1.2:4.190-03	490	36	
БПК -5, мг/л	ЦВ 3.01.16-01 «А»	170	2,2	
Азот аммонийный, мг/л	ЦВ 2.04.49-97 «А»	15	0,52	
Азот нитратов, мг/л	ЦВ 3.04.20-2002 «А»	1,2	10	
Фосфор фосфатов, мг/л	ЦВ 3.04.53-2004	1,3	<0,1	

Примечания:
1. Перечень применяемых МВИ определен Паспортом лаборатории.
2. Частичное воспроизведение настоящего протокола без разрешения лаборатории запрещено.

Начальник ХБЛ СВ ССА

01.10.2012 г.

О.В.Клименко

*Химико-бактериологическая лаборатория
сточных вод филиала «Водоотведение Санкт-Петербурга»
ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»*
аккредитована в Системе аккредитации аналитических лабораторий
(центров) Госстандарта России.
Номер Госреестра - РОСС RU. 0001.510962
197229 г. Санкт-Петербург, п. Ольгино, Коннолахтинский пр., д.12

ПРОТОКОЛ №3 анализа проб сточной воды Северной станции аэрации (опытная установка)

Дата и время отбора проб: 18.09.2012 г., 10:15

Дата и время доставки проб в лабораторию: 18.09.2012 г., 10:30

Показатель	МВИ	Приемная камера	Очищенный сток	Активный ил
pH, ед pH	ПНДФ 14.1.2:3.4.121-97	6,9	7,5	
Взвешенные вещества, мг/л	ЦВ 2.02.11-2004	150	4,0	3400
Зольность, %	Методика технологического контроля работы очистных сооружений	25		44
ХПК, мг/л	ПНДФ 14.1.2:4.190-03	280	17	
БПК -5, мг/л	ЦВ 3.01.16-01 «А»	110	2,3	
Азот аммонийный, мг/л	ЦВ 2.04.49-97 «А»	25	0,35	
Азот нитратов, мг/л	ЦВ 3.04.20-2002 «А»	0,25	6,6	
Фосфор фосфатов, мг/л	ЦВ 3.04.53-2004	2,9	<0,1	

Примечания:
1. Перечень применяемых МВИ определен Паспортом лаборатории.
2. Частичное воспроизведение настоящего протокола без разрешения лаборатории запрещено.

Начальник ХБЛ СВ ССА

18.09.2012 г.

О.В.Клименко

*Химико-бактериологическая лаборатория
сточных вод филиала «Водоотведение Санкт-Петербурга»
ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»*
аккредитована в Системе аккредитации аналитических лабораторий
(центров) Госстандарта России.
Номер Госреестра - РОСС RU. 0001.510962
197229 г. Санкт-Петербург, п. Ольгино, Коннолахтинский пр., д.12

ПРОТОКОЛ №21 анализа проб сточной воды Северной станции аэрации (опытная установка)

Дата и время отбора проб: 14.08.2013 г.

Дата и время доставки проб в лабораторию: 14.08.2013 г., 10:40

Показатель	МВИ	Приемная камера	Очищенный сток	Активный ил
Регистрационный номер		376	385	386
pH, ед pH	ПНДФ 14.1.2:3.4.121-97	7,5	7,3	
Взвешенные вещества, мг/л	ЦВ 2.02.11-2004	200	5,0	2700
Зольность, %	Методика технологического контроля работы очистных сооружений	36		40
ХПК, мг/л	ПНДФ 14.1.2:4.190-03	340	24	
БПК -5, мг/л	ЦВ 3.01.16-01 «А»	140	1,4	
Азот общий, мг/л	ЦВ 2.01.10-91 «А»	34,3	18,4	
Азот аммонийный, мг/л	ЦВ 2.04.49-97 «А»	28	3,4	
Азот нитратов, мг/л	ЦВ 3.04.20-2002 «А»	0,25	12	
Фосфор общий, мг/л	ЦВ 3.04.53-2004	3,3	0,22	
Фосфор фосфатов, мг/л	ЦВ 3.04.53-2004	2,7	0,21	

Примечания:
1. Перечень применяемых МВИ определен Паспортом лаборатории.
2. Частичное воспроизведение настоящего протокола без разрешения лаборатории запрещено.

Начальник ХБЛ СВ

15.08.2013 г.

О.В.Клименко

Химико-бактериологическая лаборатория
сточных вод филиала «Водоотведение Санкт-Петербурга»
ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»
аккредитована в Системе аккредитации аналитических лабораторий
(центров) Госстандарта России.
Номер Госреестра - РОСС RU. 0001.510962
197229 г. Санкт-Петербург, п. Ольгино, Коннолахтинский пр., д.12

ПРОТОКОЛ №22
анализа проб сточной воды
Северной станции аэрации
(опытная установка)

Дата и время отбора проб: 21.08.2013 г.

Дата и время доставки проб в лабораторию: 21.08.2013 г., 10:50

Показатель	МВИ	Примная камера	Очищенный сток	Активный ил
Регистрационный номер		576	603	604
pH, ед pH	ПНДФ 14.1:2.3:4.121-97	7,4	7,4	
Взвешенные вещества, мг/л	ЦВ 2.02.11-2004	400	5,0	3800
Зольность, %	Методика технологического контроля работы очистных сооружений	47		46
ХПК, мг/л	ПНДФ 14.1:2.4.190-03	440	31	
БПК -5, мг/л	ЦВ 3.01.16-01 «А»	130	1,8	
Азот аммонийный, мг/л	ЦВ 2.04.49-97 «А»	27	1,6	
Азот нитратов, мг/л	ЦВ 3.04.20-2002 «А»	0,29	13	
Фосфор фосфатов, мг/л	ЦВ 3.04.53-2004	2,6	0,51	

Примечания:

1. Перечень применяемых МВИ определен Паспортом лаборатории.
2. Частичное воспроизведение настоящего протокола без разрешения лаборатории запрещено.

Начальник ХБЛ СВ

22.08.2013 г.

О.В.Клименко

Химико-бактериологическая лаборатория
сточных вод филиала «Водоотведение Санкт-Петербурга»
ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»
аккредитована в Системе аккредитации аналитических лабораторий
(центров) Госстандарта России.
Номер Госреестра - РОСС RU. 0001.510962
197229 г. Санкт-Петербург, п. Ольгино, Коннолахтинский пр., д.12

ПРОТОКОЛ №23
анализа проб сточной воды
Северной станции аэрации
(опытная установка)

Дата и время отбора проб: 23.08.2013 г.

Дата и время доставки проб в лабораторию: 23.08.2013 г., 10:30

Показатель	МВИ	Примная камера	Очищенный сток	Активный ил
Регистрационный номер		651	669	670
pH, ед pH	ПНДФ 14.1:2.3:4.121-97	7,5	7,3	
Взвешенные вещества, мг/л	ЦВ 2.02.11-2004	160	6,1	4300
Зольность, %	Методика технологического контроля работы очистных сооружений	32		45
ХПК, мг/л	ПНДФ 14.1:2.4.190-03	300	13	
БПК -5, мг/л	ЦВ 3.01.16-01 «А»	100	2,6	
Азот аммонийный, мг/л	ЦВ 2.04.49-97 «А»	20	1,9	
Азот нитратов, мг/л	ЦВ 3.04.20-2002 «А»	0,20	14	
Фосфор фосфатов, мг/л	ЦВ 3.04.53-2004	1,9	0,27	

Примечания:

1. Перечень применяемых МВИ определен Паспортом лаборатории.
2. Частичное воспроизведение настоящего протокола без разрешения лаборатории запрещено.

Начальник ХБЛ СВ

24.08.2013 г.

О.В.Клименко



ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
Государственное унитарное предприятие
«ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»
(ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»)
Кавалергардская ул., д.42, Санкт-Петербург, 191015
Телефон (812) 305-09-09, факс (812) 274-13-61
E-mail: office@vodokanal.spb.ru
http://www.vodokanal.spb.ru
ОКПО 03323809 ОГРН 1027809256254
ИНН/КПП 783000426/783450001

10.01.2014 № 05-12-2/14-0
На № _____ от _____

ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и ЗАО Центр исследований и интеллектуальной собственности «Акватент» рекомендуют к внедрению в сфере жилищно-коммунального хозяйства технологию очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на основе мембранного биологического реактора (МБР).

Опытно-промышленная эксплуатация пилотного образца очистных сооружений с использованием технологии МБР, проведенная на Северной станции аэрации (Санкт-Петербург, п. Ольгино) показала, что использование технологии МБР для очистки городских сточных вод обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными технологиями:

- достижение стабильно высоких показателей очистки сточных вод, в том числе по азоту и фосфору, без использования химических реагентов;
- меньший объем сооружений за счет отказа от вторичных отстойников и песчаных фильтров (снижение потребности в необходимых площадях и капитальных затратах);
- повышенная устойчивость к залповым сбросам и колебаниям нагрузки;
- независимость процесса очистки от осаждаемости активного ила;
- высокая эффективность очистки по трудноокисляемым веществам;
- эксплуатационные затраты близки к затратам классических технологий очистки сточных вод.

строительстве новых очистных сооружений небольшой производительности, так и при модернизации уже существующих очистных сооружений в случаях:

- повышения требований к содержанию загрязняющих веществ в сбрасываемых сточных вод, очищенных в соответствии с технологией, принятой при проектировании очистных сооружений;
- при возрастании объемов очистки сточных вод по сравнению с ранее принятыми при проектировании;
- при оптимизации состава очистных сооружений, особенно в случае ограничений на отводимые для их размещения площади;
- при разработке на очистных сооружениях системы оборотного водоснабжения позволяющей использовать очищенные стоки в качестве технической воды;

Примеры использования технологии очистки сточных вод на основе МБР приведены в приложении 1.

Директор по производству
ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» Е.А. Мельник

А2 Расчет вибрации и ударостойкости установки очистки сточных вод

В качестве динамических вибрационных нагрузок, действующих со стороны фундамента, применены допустимые значения уровней виброскорости и виброускорения, приведенные в «Санитарных нормах для плавучих буровых установок», Министерство здравоохранения СССР, Москва, 1986 г (СН для ПБУ). В качестве вибро-шумовых характеристик (ВШХ) устанавливаемого оборудования в рамках расчета использовались нормативные параметры вибрации механического оборудования, регламентированные Российским Морским Регистром «Правилах классификации и постройки морских судов», в том числе и требованиям Части VII. «Механические установки», Раздел 9. «Вибрация механизмов и оборудования. Технические нормы», 2004 г.

Выполненные расчеты показали, что применение амортизирующего крепления установки с целью снижения уровней вибрации со стороны фундамента нецелесообразно, т.к. эффективность амортизации начинает проявляться с частот выше 10 Гц, а на более низких частотах амплитуды вибрации могут даже возрасти из-за резонансных явлений. Поэтому установку рекомендуется устанавливать непосредственно на палубе сооружения.

А3 Отзыв о внедрении установки очистки сточных вод.



ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
Государственное унитарное предприятие
«ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»
(ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»)
Кавалергардская ул., д.42, Санкт-Петербург, 191015
Телефон (812) 305-09-09, факс (812) 274-13-61
E-mail: office@vodokanal.spb.ru
http://www.vodokanal.spb.ru
ОКПО 03323809 ОГРН 1027809256254
ИНН/КПП 7830000426/783450001

18.01.2016 № 10-12-10/16

На № _____ от _____

Заведующему кафедры
водопользования и экологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета
А.В. Кудрявцеву

190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

Уважаемый Анатолий Валентинович!

На Ваш запрос сообщаем, что вопросы к диссертационной работе Мурашева С.В. «Разработка технических конструкций и методов очистки и обеззараживания сточных вод на морских объектах в Арктике», согласно п. 23 постановления Правительства от 24 сентября 2013 г. N 842 «О порядке присуждения ученых степеней» составлены как вопросы к официальному оппоненту, которым ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в соответствии п. 22 упомянутого постановления быть не может.

Однако можем отметить, что экспериментальные работы, результаты которых использованы в диссертационной работе проводились на территории и с использованием средств ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Ознакомление с черновиком рукописи законченной диссертационной работы Мурашева С.В. дало возможность определить, что она выполнена Мурашевым С.В. самостоятельно, а его вклад в получение результатов был определяющим, как автора идеи и ее обоснование. Результаты экспериментальных исследований подтверждены протоколами химико-бактериологической лаборатории сточных вод Дирекции водоотведения, аккредитованной в Системе аккредитации аналитических лабораторий (центров) Госстандарта России (прилагаются).

Результаты работ использованы на Предприятии для разработки и принятия решений по реконструкции канализационных очистных сооружений пос. Молодежный, и разработке и опытно-промышленных испытаний на Северной станции аэрации Дирекции водоотведения опытного образца установки очистки сточных вод для морских оффшорных сооружений в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники».

Директор по развитию

Г.А. Панкова

А4 Рекомендации к использованию в судостроительной отрасли.



Общероссийская общественная организация
**“Российское научно-техническое общество
судостроителей имени академика А.Н.Крылова”**
Центральное правление

191186 Санкт-Петербург, Невский пр. 44 тел. 315-50-27, 710-40-11,
710-46-93, факс 710-40-40. E-mail: cpntokrylov@mail.ru

УТВЕРЖДАЮ

Вице-президент Рос НТО судостроителей
имени академика А.Н.Крылова, к.т.н.



Л.А. Промыслов

2016 г.

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА

Заседания секции НТО «Экология и безопасность в судостроении»

Общероссийской общественной организации

«Российское научно-техническое общество судостроителей

имени академика А.Н. Крылова»

Центральное правление

Дата проведения заседания: 01 декабря 2016 года.

На заседании секции присутствовало: 15 человек.

Повестка дня

Заседание постоянно действующего семинара научно-технической секции посвящено рассмотрению следующих тем:

1. Очистка нефтесодержащих и хозяйственно-бытовых сточных вод с транспортных судов и морских платформ (учет опыта эксплуатации судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания, Приразломной платформы, грузовых морских терминалов и очистных сооружений Северо-западного региона).
2. Опыт применения экологического оборудования в проектах морских судов и морских установок.
3. Последние результаты деятельности международной морской организации и международной организации по стандартизации в области предотвращения загрязнения морской среды.

По второму пункту повестки дня с докладом выступил: специалист ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» С.В. Мурашев.

Тема: «Установка очистки хозяйственно-бытовых сточных вод для морских платформ и транспортных судов с использованием биомембранной технологии» (кандидатская диссертация по теме «Разработка технических конструкций и методов очистки и обеззараживания сточных вод на морских объектах в Арктике»).

Была представлена установка глубокой биологической очистки сточных вод по трехзонной схеме анаэробно-аноксидно-оксидной обработке с МБР (патент на изобретение RU2537611) с оптимальной для применения схемой для систем очистки сточных вод малой производительности, включая малогабаритные установки, используемые на судах и буровых платформах.

Предложенная схема повышает эффективность и надежность процесса очистки с показателями качества очищенной воды, приближающиеся к предельно-допустимым для сброса по санитарно-гигиеническим к рыбохозяйственным нормативам, что подтверждается приведенными результатами испытаний опытного образца установки. Установка не предусматривает применение химических реагентов для удаления биогенных элементов. Применение биомембранной фильтрации позволяет стабилизировать и интенсифицировать биологические процессы за счет возможности повышения концентрации активного ила, снизить габариты установок, улучшить качество очистки сточных вод за счет тщательного удаления взвешенных веществ в очищенной воде после блоков биологической очистки, исключая возможность вторичного загрязнения биогенами.

1. Обсуждение доклада

В обсуждении приняли участие: Вальдман Н.А., Ким А.Н., Петров Н.Ю., Комолов В.И.

Выступившие на совете и в процессе ознакомления с результатами испытаний непосредственно отмечали:

- актуальность создания установки биологической очистки сточных вод с биомембранным блоком и блоками обеззараживания. Биологический метод очистки с мембранной фильтрацией применим для различных объектов включая суда, стационарные объекты и береговые системы очистки, включая объекты расположенные в Арктике.

- Проведенные испытания и апробация установки на реальных сточных водах Санкт-Петербурга подтверждают эффективность предложенной технологии. С точки зрения возможности оценки результатов испытаний для судовых систем, то такие испытания корректны.

- Положительным моментом является то, что тип мембран не является существенным, и могут использоваться любые микрофильтрационные и ультрафильтрационные мембраны, предназначенные для очистки сточных вод.

- В докладе было отмечено, что в настоящее время активно совершенствуются конструктивные решения мембранных модулей, при этом снижается себестоимость мембранных модулей;

- Установка отвечает рекомендуемым нормативам по сбросу для указанных объектов, а именно: Резолюции МЕРС.159 (55), СанПиН 2.1.5. 2582-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения». СанПиН 2.1.55.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».

2. Принятие решений

1. Одобрить результаты работ по теме: «Установка очистки хозяйственно-бытовых сточных вод для морских платформ и транспортных судов с использованием биомембранной технологии» (кандидатская диссертация по теме «Разработка технических конструкций и методов очистки и обеззараживания сточных вод на морских объектах в Арктике»).

2. Рекомендовать Мурашеву С.В. подготовить предложения по дальнейшему внедрению указанных работ в судостроительной отрасли.