

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения»

Экз. _____

На правах рукописи



Жильникова Наталья Александровна

**Методология и инструментарий обеспечения экологичности
радиоэлектронных и приборостроительных производств**

Специальность: 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника
и приборостроение)

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант:
Доктор технических наук, профессор,
Лауреат Премии Правительства Российской
Федерации,
Заслуженный работник высшей школы
Российской Федерации Семенова Е.Г.

Санкт-Петербург – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. Методология обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств с учетом современного природоохранного законодательства в рамках территориальных природно-производственных комплексов.....	19
1.1 Анализ состояния и перспектив развития РПП в рамках территориальных природно-производственных комплексов.....	19
1.2 Методы и средства экологического нормирования допустимых воздействий для РПП	32
1.3 Сопоставительный анализ отечественного и европейского природоохранного законодательства для РПП.....	44
1.4 Формулировка научной проблемы экологического управления РПП, задач исследования в рамках единой концепции ТППК	60
1.5 Выводы по первой главе	66
Глава 2. Разработка методологических основ экологического управления РПП в рамках ТППК на основе регламентирующих норм и прав.....	72
2.1 Анализ современных методов обеспечения экологичности РПП в рамках ТППК.....	72
2.2 Разработка концепции обеспечения экологичности РПП по эколого-технологическим показателям в рамках ТППК.....	107
2.3 Разработка метода гармонизации технологических и экологических нормативов для РПП на геоинформационной основе с применением объединенной базы данных ТППК	114
2.4 Выводы по второй главе	125
Глава 3. Разработка методов оценки и прогнозирования уровня антропогенного воздействия с учетом определяющих показателей производственно-технологических процессов РПП	129

3.1	Обоснование уточненной номенклатуры эколого-технологических показателей РПП.....	129
3.2	Разработка методик и алгоритмов информационного обеспечения геоинформационного моделирования параметров эколого-технологического управления ТППК.....	202
3.3	Разработка метода перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с применением геоинформационной онлайн-системы	213
3.4	Выводы по третьей главе	220
Глава 4. Разработка методов и средств эколого-технологической оптимизации природоохранных мероприятий РПП на регионально-бассейновом уровне		224
4.1	Разработка метода формирования внутриотраслевых региональных (бассейновых) взаимоотношений водопользователей ТППК.....	224
4.2	Разработка информационно-алгоритмического обеспечения комбинированного нормирования антропогенной нагрузки	267
4.3	Обоснование новой системы экологического управления межотраслевыми взаимоотношениями субъектов ТППК на регионально-бассейновом уровне ..	271
4.4	Выводы по четвертой главе	281
Глава 5. Обеспечение экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств. Реализация результатов исследования		284
5.1	Повышение эффективности водопользования субъектов ТППК.....	284
5.2	Эколого-технологические характеристики территориальных природно-производственных комплексов, определяющие экологичность РПП по НДТ .	304
5.3	Реализация методов и средств обеспечения экологичности РПП. Принятие значимых управленческих решений с учетом результатов мониторинга и оценки результативности водопользования РПП по эколого-технологическим характеристикам	320
5.3	Выводы по пятой главе	326

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	329
Список сокращений и условных обозначений	333
Словарь терминов.....	334
Список литературы	344
Приложение А	360
Приложение Б.....	364
Приложение В.....	372
Приложение Г	384
Приложение Д.....	391
Приложение Е.....	399

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Обеспечение экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств (РПП) существенно повышает технико-экономические показатели и эффективность организационно-технологических решений, обеспечивая конкурентоспособность и эксплуатационную надежность взаимодействия между всеми субъектами территориального природно-производственного комплекса (ТППК).

Федеральный проект «Внедрение наилучших доступных технологий» в рамках национального проекта «Экология» ставит задачу Министерству промышленности и торговли РФ до 31 декабря 2024 года ввести в промышленную эксплуатацию мощности экологического приборостроения в целях импортозамещения и производства конкурентоспособной продукции, используемой при переходе хозяйствующих субъектов на принципы наилучших доступных технологий (НДТ), а также сформировать основные принципы экологической промышленной политики.

Перечень областей применения НДТ, утвержденный Распоряжением Правительства РФ от 24.12.2014 № 2674-р, устанавливает обязательность обеспечения экологических нормативов допустимых сбросов (НДС) и технологических нормативов при производстве продукции, в том числе на предприятиях радиоэлектронной промышленности и приборостроения, на которых применяются технологии обработки поверхностей с использованием электролитических и химических процессов, оказывающие значительное техногенное воздействие на окружающую среду [85]. Существующие на данный момент в России информационно-технические справочники (ИТС) по НДТ, не учитывают всей специфики РПП и не могут быть использованы при разработке технологических нормативов для всех типов предприятий радиоэлектроники и приборостроения [72].

Актуальность диссертационной работы определяется необходимостью получения промышленными предприятиями комплексного экологического разрешения (КЭР) и на основе технологических нормативов с учетом наилучших доступных технологий (Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», ст. 23), а также условием включения информации о НДТ в виде информационно-технических справочников в государственную информационную систему промышленности в соответствии с Федеральным законом от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации». Межгосударственный характер проблематики диссертационного исследования обусловлен вступлением в силу с 01.03.2018 технического регламента Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 037/2016 «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники» [73, 75, 100, 104, 105].

К настоящему времени разработано множество схем и подходов к нормированию допустимых сбросов сточных вод для различных предприятий и производств. Однако значимых успехов в комплексном решении задач нормирования на бассейновом уровне не достигнуто. Это связано, в первую очередь, с фрагментарным подходом, который не учитывает в должной степени взаимовлияния все водопользователей по экосистемным показателям в течение длительного времени без серьезных нарушений структурно-функциональных характеристик природной системы рассматриваемого уровня. Кроме того, в нормативно-правовой законодательной литературе и, соответственно, в расчетных методах и моделях экологического нормирования техногенной нагрузки делаются лишь отдельные попытки соизмерения природоёмкости локальных отраслевых производств, включая РПП, и техноёмкости природных систем в масштабах ТППК по комплексу интегральных показателей и индексов, учитывающих специфику жизненного цикла конкретных природно-производственных систем. Понятие природоёмкости можно отнести как к отдельным РПП, так и ко всему ТППК.

Регионально-бассейновый подход при эколого-технологическом нормировании техногенной нагрузки предопределяет необходимость разработки как теоретических основ, так и инструментария организации управления территориально-производственными комплексами с региональным распределением квот сброса сточных вод и установлением лимитов на использование природных ресурсов, вторичного сырья, транспортных сетей и инженерных коммуникаций.

Для обеспечения экологичности РПП необходима актуализация действующих ИТС по расширенной номенклатуре показателей, характеризующих НДТ, с целью повышения обоснованности критериев экологичности в соответствии с международными отраслевыми стандартами. Разработка теоретических основ и инструментов интеграции экологических характеристик (состав и степень очистки сточных вод в зависимости от типа и категории водного объекта) и технологических показателей основного и вспомогательных производств по нормированию нагрузки на водный бассейн в рамках ТППК позволит на основе системного подхода реализовать на практике концепцию обеспечения экологичности РПП, алгоритмы и новые геоинформационные модели прогноза.

На основе отмеченного, тема диссертационного исследования нацелена на решение проблемы преодоления объективного противоречия в научном обосновании и построении единой модели ТППК с научно-методическим инструментарием информационной экологии и метрологического обеспечения экологичности РПП и существенным несоответствием уровня развития этого инструментария в настоящий момент в части совместимости между различными системами.

Актуальность исследования напрямую связана и соответствует ряду направлений, регламентируемых Прогнозом социально-экономического развития РФ на период до 2030 г., одним из основных важнейших научно-технологических трендов которого является обеспечение экологически ориентированного развития

производств путем снижения техногенной нагрузки на окружающую среду от всех антропогенных источников различных категорий [101], и Перечнем критических технологий Российской Федерации: Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения, в части совершенствования системы нормирования антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Степень разработанности темы исследования

Вопросы снижения негативного воздействия на окружающую среду от промышленных производств находятся в центре внимания ряда российских исследователей. Проблемы организации ресурсосберегающих и высокоэкологичных производственных комплексов путем совершенствования системы нормирования нагрузки исследованы в работах Волкова И.В., Вольского О.М., Гермера Э.И., Зиберова В.Е., Шишкина А.И. и других.

В трудах этих авторов исследованы существующие в России подходы к эколого-технологическому нормированию, подчеркивается необходимость выполнения требований к допустимому воздействию производственных систем на окружающую среду, но вместе с тем в научной литературе и хозяйственной практике ощущается дефицит теоретических разработок и рекомендаций по вопросам обеспечения экологичности производственных систем в рамках территориального природно-технического комплекса, учета взаимовлияния всех предприятий водопользователей, входящих в этот комплекс.

Недостаточная проработанность указанной проблемы предопределяет необходимость постановки исследовательских задач и проведения исследований научно-методологических и организационно-технологических принципов обеспечения экологичности производственных систем, а также разработки новых методов.

Цель работы. Цель диссертационной работы заключается в повышении конкурентоспособности отечественных радиоэлектронных и приборостроительных производств путем разработки научно-методического

аппарата и организационно-технологического инструментария обеспечения их экологичности в рамках территориальных природно-производственных комплексов.

Объект исследования. Природно-производственные комплексы радиоэлектронных и приборостроительных производств со всеми коммуникациями и оборудованием в рамках территориальных объединений с другими производствами по единым эколого-технологическим показателям.

Предмет исследования. Обеспечение развития структуры природно-производственных комплексов радиоэлектронных и приборостроительных производств на основе разработки организационно-технологических мероприятий и внедрения геоинформационных технологий.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели в ходе диссертационного исследования поставлены и решены следующие задачи:

1. Разработка концепции обеспечения экологичности РПП по эколого-технологическим показателям в рамках ТППК.
2. Разработка метода гармонизации технологических и экологических нормативов для РПП на основе геоинформационных технологий.
3. Разработка и совершенствование инструментария интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в ТППК путем соизмерения природоемкости отраслевого производства с техноемостью природных экосистем.
4. Разработка методик и алгоритмов информационного обеспечения геоинформационного моделирования параметров эколого-технологического управления ТППК.
5. Разработка метода перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с учетом их уровня экологичности и достижения заданных экологических показателей природной системы с применением геоинформационной онлайн-системы.

6. Разработка информационно-алгоритмического обеспечения нормирования нагрузки от РПП в едином пространственном территориальном природно-производственном комплексе.
7. Разработка метода формирования внутриотраслевых региональных (бассейновых) взаимоотношений водопользователей ТППК.

Методы исследований. При решении поставленных задач применялся системный анализ к эколого-технологическому обоснованию организационно-технических мероприятий, методы математической статистики, методы нечеткого линейного программирования, математические методы геоинформационного моделирования природно-производственных комплексов регионального и межотраслевого уровня.

Тематика диссертационной работы соответствует следующим областям исследования паспорта специальности 05.02.22 «Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение»: 1. «Разработка научных, методологических и системотехнических основ проектирования организационных структур предприятий и организации производственных процессов. Стратегия развития и планирования организационных структур и производственных процессов». 2. «Разработка методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов и инвестиций в организацию производственных процессов». 3. «Разработка методов и средств информатизации и компьютеризации производственных процессов, их документального обеспечения на всех стадиях»; 4. «Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов, вспомогательных и обслуживающих производств. Экспертные системы в организации производственных процессов». 5. «Разработка научных, методологических и системотехнических принципов повышения эффективности функционирования и качества организации производственных систем. Повышение качества и конкурентоспособности продукции, системы контроля качества и сертификации продукции. Системы качества и экологичности предприятий». 7. «Анализ и

синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов. Организация ресурсосберегающих и экологических производственных систем». 8. «Развитие теоретических основ и практических приложений организационно-технологической и организационно-экономической надежности производственных процессов. Оценка уровня надежности и устойчивости производства». 9. «Разработка методов и средств организации производства в условиях технических и экономических рисков». 10. «Разработка методов и средств мониторинга производственных и сопутствующих процессов». 11. «Разработка методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами». 12. «Повышение эффективности организации производства в условиях воздействия возможных нештатных и чрезвычайных ситуаций. Обеспечение безопасности и экологичности производственных процессов и их результатов».

Основные положения и результаты, выносимые на защиту:

1. Концепция обеспечения экологичности РПП на основе эколого-технологической и территориальной природно-климатической дифференциации, и межотраслевого бассейнового синтеза путей ее реализации.
2. Метод гармонизации технологических и экологических нормативов для предприятий радиоэлектроники и приборостроения на геоинформационной основе с применением объединенной базы данных территориального природно-производственного комплекса.
3. Инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в ТППК на уровне основного производства, очистных сооружений и процессов жизненного цикла производства.
4. Методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического

управления ТППК с применением программного обеспечения *ArcView GIS* и программного продукта «ГИС-ТППК».

5. Метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с учетом их уровня экологичности и достижения заданных экологических показателей природной системы с применением геоинформационной онлайн-системы.
6. Информационно-алгоритмическое обеспечение нормирования нагрузки от РПП в едином пространственном природно-производственном комплексе.
7. Метод формирования внутриотраслевых региональных взаимоотношений всех водопользователей ТППК.

Научной новизной обладают следующие результаты диссертационной работы:

1. Концепция обеспечения экологичности приборостроительных и радиоэлектронных производств на основе комплексных организационных решений позволила определить взаимосвязь технологического развития (техноёмкости) радиоэлектронных и приборостроительных производств с экологической ёмкостью природных территориальных экосистем.
2. Метод гармонизации технологических и экологических нормативов для РПП на основе геоинформационных технологий позволил выбрать и обосновать критерии и показатели уровней эколого-технологических нормативов для радиоэлектронных и приборостроительных производств.
3. Инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования ТППК, включающий методы и модели расчета характеристик природной среды, обеспечил обоснование экологически оправданных и экономически обоснованных решений.
4. Методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического управления ТППК позволили создать имитационную геоинформационную

моделирующую систему (ГИМС) и установить территориальные, отраслевые и ресурсные нормативы экологической безопасности для различных уровней организации РПП в рамках ТППК.

5. Метод перераспределения техногенной нагрузки по различным сценариям комбинированного воздействия для субъектов ТППК с применением геоинформационной онлайн-системы управления распределением квот нагрузки между субъектами по сложным атрибутивным и пространственным запросам позволил определить участки воздействия РПП по сравнению с фоновыми концентрациями, а также поля концентраций объектов гидросферы в ТППК с максимальным превышением предельно допустимых концентраций (ПДК) по целевым показателям; минимизировать нагрузку на водные объекты за счет ее перераспределения с одновременными технологическими мероприятиями в основном цикле производства и по стадиям очистки сточных вод от ряда предприятий радиоэлектроники и приборостроения.
6. Информационно-алгоритмическое обеспечение нормирования нагрузки от РПП в едином комплексе ТППК в виде проекта геоинформационной системы с интегрированной оценкой допустимой нагрузки обеспечило снижение и квотирование массы загрязняющих веществ для отдельных субъектов за счет учета специфики всего комплекса производственно-технологических характеристик и их взаимосвязи.
7. Метод формирования внутриотраслевых региональных (бассейновых) взаимоотношений водопользователей ТППК обеспечил применение: а) новых методов управления природопользованием РПП, учитывая как предпосылки предоставляемые окружающей средой, так и ограничения по экологическим стандартам; б) методов гармонизации взаимоотношений экологии и технологии на межотраслевом уровне в направлении внедрения наилучших доступных технологий и концепции «чистого производства»; в) методов формирования нового стиля межотраслевых взаимоотношений всех

водопользователей при единой биополитике на регионально-бассейновом уровне с едиными экологическими критериями и применением региональных каналов коммуникации, баз данных, банков знаний и геоинформационных моделей нового поколения.

Обоснованность и достоверность проведенных научных исследований.

Обоснованность определяется корректностью применяемых вероятностно-детерминированных методов и средств. Достоверность полученных результатов, в первую очередь базируется на достоверных исходных данных и использованием современных методик обработки исходной информации и подтверждается сходимостью полученных результатов с экспериментальными данными, а также практической реализацией на предприятиях радиоэлектроники и приборостроения.

Практическая значимость полученных в диссертации результатов заключается:

- в обосновании уточненной номенклатуры эколого-технологических показателей и критериев наилучших доступных технологий для РПП, внедрение которых позволяет сократить экологические издержки отдельного предприятия за счет снижения размера платежей за негативное воздействие на окружающую среду;
- в разработке методов, критериев и технологических решений развития РПП с достижением заданного уровня экологичности основных и вспомогательных производств;
- в обеспечении устойчивого экологически безопасного развития РПП с учетом их технико-экономического состояния, взаимодействия с другими отраслевыми производствами и показателями окружающей среды;
- в разработке комплекса программно-информационного и моделирующего обеспечения для формирования геоинформационных проектов по экологическому нормированию техногенной нагрузки предприятий радиоэлектроники и приборостроения, позволяющего обосновывать

- уменьшение массы загрязняющих веществ на 15-35% в зависимости от набора показателей и интегральной массы сброса сточных вод РПП;
- в автоматизации процессов сбора, обработки и представления данных от радиоэлектронных и приборостроительных производств в рамках ТППК с учетом других видов воздействий на ГИС основе;
 - во внедрении в практику новых форматов применения ГИС в природоохранной деятельности по управлению территориальными природно-производственными комплексами РПП, позволяющие создавать системы мониторинга состояния ТППК и прогнозировать развитие ситуаций при различных сценариях, а также принимать эффективные управленческие решения при возникновении негативных воздействий при аварийных, нештатных и чрезвычайных ситуациях;
 - в сокращении затрат на технико-экономическое обоснование вариантов перераспределения квот допустимых сбросов для группы предприятий ТППК в пределах отдельных водохозяйственных участков на 14-18%
 - во внедрении в практику принятия управленческих решений по обеспечению экологических стандартов на уровне НДТ и НДС при соответствующем эколого-технологическом обосновании научно-методических средств, основанных на принципах новой системы экологического управления межотраслевыми взаимоотношениями субъектов ТППК РПП, позволяющих сократить время принятия решений при созданных базах данных в 2-2,5 раза.

Объектами исследования и проверки полученных результатов были научные, научно-исследовательские, проектные организации и предприятия различных отраслей производств, включая РПП.

Личный вклад автора состоит в разработке научно-методической концепции обеспечения экологичности РПП, непосредственной разработке метода гармонизации технологических и экологических нормативов в рамках региональной системы (водного бассейна) ТППК, включающей предприятия радиоэлектроники и приборостроения, а также других отраслей, для ее

дальнейшего развития на основе расширяющихся возможности информационной сферы и повышения уровня компетентности лиц, принимающих решения. Теоретически обобщены системы оценок для нормирования сбрасываемых сточных вод для РПП при взаимовлиянии других источников в рамках ТППК. Лично автором обобщен международный опыт и выполнены аналитический обзор существующих инструментариев интегрированного бассейнового нормирования ТППК при межотраслевом подходе. Автором также самостоятельно разработаны методики и алгоритмы информационного программного обеспечения для геоинформационного моделирования и эколого-технологического управления ТППК с применением метода, предложенного автором, по перераспределению нагрузки для субъектов ТППК в онлайн-системе по различным сценариям и объединенной межотраслевой базы данных. Основные теоретические и научно-практические выводы по результатам многолетних исследований, содержащиеся в диссертации, получены автором самостоятельно. Соискатель непосредственно принимал личное участие в апробации, практической реализации и внедрении результатов исследования, а также публикации всех основных результатов диссертации. В тексте диссертации имеются соответствующие ссылки, показывающие характер участия соавторов в совместной разработке конкретных вопросов.

Реализация работы связана с практическим применением теоретических результатов исследований в области системного анализа и моделирования производственно-технологических процессов и внутриотраслевых регионально-бассейновых взаимоотношений водопользователей ТППК при реализации следующих научно-исследовательских работ с участием автора:

1. НИР на тему «Разработка технологии очистки нефтесодержащих вод фильтрами до 100 кубометров в час на основе графенового сорбента» (2016-2018 гг). Заказчик: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дирекция научно-технических программ». № госрегистрации 14.578.21.0222.

2. НИОКТР на тему «Оценка пространственно-временной изменчивости характеристик природных сред Арктической зоны на основе данных дистанционного зондирования с использованием методов математического моделирования» (2017 г.). Заказчик: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения». № госрегистрации АААА-А17-117092750050-7.
3. НИР на тему «Разработка решений по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений в рамках проектно-ориентированной подготовки магистров в области техносферной безопасности» (2019 г.). Заказчик: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения». № госрегистрации АААА-А19-119040390062-1.

Результаты диссертационной работы протестированы и апробированы в холдинговой компании «Ленинец», Федеральном агентстве водных ресурсов Невско-Ладожском бассейновом водном управлении, внедрены в ОАО «Водоканал-инжиниринг», АО «ЦНИИ «Электроника», в образовательный процесс ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Апробация работы

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 9 международных, 1 всероссийской и 2 межвузовских научных конференциях.

Публикации. По теме диссертации опубликована 61 работа, из них: лично автором издано 17 публикаций, в том числе 24 в ведущих рецензируемых научных изданиях, 5 статей в изданиях Международных реферативных баз данных и систем цитирования, 1 статья и 27 докладов в других изданиях.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация включает введение, пять глав, заключение, список использованной литературы, содержащий 131 наименование, 6 приложений. Основной текст диссертации представлен на 359 страницах, включая 23 таблицы и 72 рисунка. Общий объем диссертации с учетом приложений составляет 409 страниц.

Глава 1. Методология обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств с учетом современного природоохранного законодательства в рамках территориальных природно-производственных комплексов

1.1 Анализ состояния и перспектив развития РПП в рамках территориальных природно-производственных комплексов

1.1.1 Анализ экологических проблем радиоэлектронных и приборостроительных производств

Сектор радиоэлектроники и приборостроения производит разнообразные устройства и оборудование, такие как электронные трубки, печатные платы, полупроводниковые приборы, электронные конденсаторы, электронные катушки и трансформаторы, электронные разъемы и электронные компоненты, мониторы из ПВХ и проекторы.

Производство полупроводниковых приборов является сложным процессом и включает использование жидкостей и газов сверхвысокой чистоты. При обработке металлических пластин широко используются опасные материалы, такие как серная, азотная, соляная и фосфорная кислоты. Микросхемы отпечатываются на кремниевой подложке с использованием органических химикатов. На Рисунке 1.1.1 представлена производственная система производства полупроводниковых пластин для микросхем. В среднем для изготовления одной 2-х граммовой микросхемы требуется 1,6 кг нефтепродуктов, 72 г химикатов, около 32 л воды и 0,7 кг одноэлементных газов [121, 123]. По данным шведского завода-изготовителя полупроводников и микроэлектроники на производство одной полупроводниковой пластины (ППП) необходимо 45,6 г различных опасных химических веществ на 1 см² поверхности ППП [129]. На Рисунке 1.1.2 представлены входные и выходные потоки на стадии производства ППП.

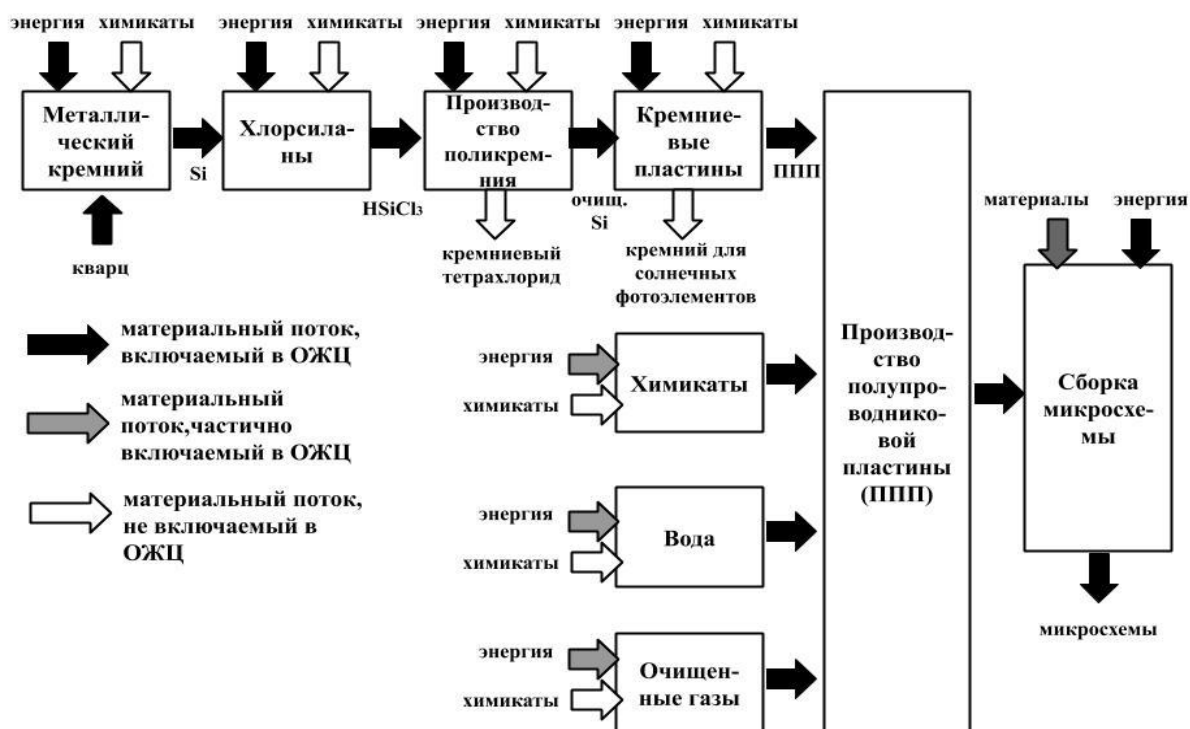


Рисунок 1.1.1 – Продукционная система производства полупроводниковых пластин

В производстве различных видов электронных устройств и радиоэлектронной аппаратуры (25% из которых находят применение в оборонной промышленности РФ) используются печатные платы, изготавливаемые способом химического травления. При данном способе образуется большое количество технологических растворов, содержащих опасные химические вещества, обладающие высокой токсичностью. Эти стоки являются наиболее опасными источниками загрязнения поверхностных и подземных водных ресурсов, а также почв [31].

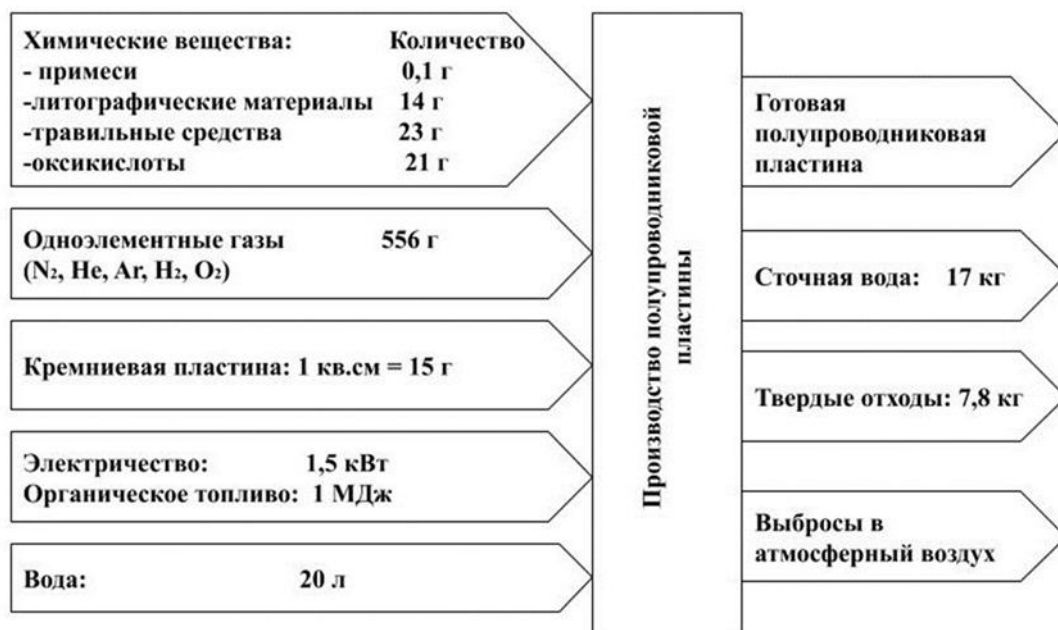


Рисунок 1.1.2 – Входные и выходные материальные потоки при производстве полупроводниковых пластин

С конца 1990-х годов в странах Европейского союза (ЕС) началась разработка стандартов, регулирующих деятельность производителей полупроводниковых приборов и микроэлектроники, с целью уменьшения негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) и сокращения водопотребления и энергоёмкости производства. Стандарты помогают предприятиям выбирать химикаты, процессы или материалы, которые имеют минимальный риск для окружающей среды. Нормативы по использованию химических веществ, идентифицируют процессы, которые являются материалоемкими или используют опасные химические вещества с целью решения следующих задач: 1) уменьшение влияния на окружающую среду со стороны производственных процессов; 2) сокращение, утилизация и рециклинг опасных химических жидких отходов; 3) внедрение наилучших доступных технологий [33].

В России критерии определения НДТ установлены постановлением Правительства РФ от 23.12.2014 г. № 1458:

- наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо соответствие другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации;
- экономическая эффективность внедрения и эксплуатации;
- применение ресурсо- и энергосберегающих методов;
- период внедрения;
- промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов на двух и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [16, 95].

В качестве НДТ при изготовлении различных видов продукции РПП с целью минимизации воздействия со стороны как основных, так и вспомогательных производственных процессов могут применяться следующие решения [50, 93]:

- внедрение локальных систем очистки и регенерации электролитов, промывочной воды, а также замкнутого цикла водооборота с повторным использованием очищенных производственных сточных вод;
- применение современных высокопроизводительных экологических технологий;
- уменьшение количества загрязняющих веществ в составе производственных стоков;
- применение новейших технологических приборов и оборудования (например, автооператорных и конвейерных линий);
- компьютеризация и роботизация технологических процессов.

Инструменты управления должны включать внедрение интегрированных систем менеджмента, включающие энергетические критерии и экологические аспекты, и использование таких методических подходов как оценка жизненного цикла, оценка экологической результативности и энергоэффективности [35].

Выбор и обоснование НДТ позволит предприятиям приборостроения и радиоэлектроники более рационально выстраивать концепцию своего перспективного развития, принимать эффективные управленческие решения при модернизации и/или реконструкции производственных процессов, повысить экологичность и энергосбережение, с учетом использования новых растворов и добавок отечественного производства.

1.1.2 Методология оценки жизненного цикла продукции РПП

Моделирование промышленного производства и его воздействия на окружающую среду с использованием методологии оценки жизненного цикла (ОЖЦ) позволяет оценить экологическую устойчивость производственных систем, гармонизированных и взаимодействующих друг с другом в едином ТППК с целью получения данных о нагрузке каждого предприятия на окружающую среду [22].

Для проведения ОЖЦ электронных устройств, таких как полупроводниковые приборы и микросхемы, целесообразно использование методологии, основанной на атрибутивных моделях [120]. Рассмотрим основные этапы предложенной методологии на примере ОЖЦ микросхемы:

1. Определение целей и объема исследования, включая определение функциональной единицы и границ производственной системы.
2. Разбивка микроэлектронного элемента на структурные составляющие и составление перечня компонентов. Этот процесс подходит и для ОЖЦ используемых при производстве материалов.

3. Группировка выделенных компонентов в соответствии с атрибутивной моделью, представленной на Рисунке 1.1.3 и Таблице 1.1.1. Основные группы электронных элементов разделяются на подгруппы.
4. Формирование описания материалов, содержащихся в каждом компоненте.
5. Разработка детальной схемы производственной системы, где должны быть смоделированы стадии производства, использования и утилизации продукта (Рисунок 1.1.3).
6. Определение площади микроэлектронного элемента для интегральных схем, транзисторов, диодов, ПВХ монитора, блоков и других компонентов, содержащих обработанные микросхемы.
7. Определение количества печатных плат, количества слоев и площади каждой печатной платы, в также общей площади слоя для микросхемы в целом.
8. Определение материальных потоков для всех групп элементов, входящих в модель (Рисунок 1.1.3).
9. Определение расстояния и способов доставки от производителей комплектующих до места сборки микроэлектронного устройства, а также от места производства до потребителей продукции.
10. Определение наиболее вероятного метода утилизации микроэлектронного устройства после окончания срока эксплуатации.
11. Определение компонентов устройства, подлежащих дальнейшей переработке.
12. Определение количества потребляемой электроэнергии на этапе эксплуатации микроэлектронного устройства.
13. Разработка анкеты-вопросника для производителей компонентов с целью получения информации об основных производственных и экологических показателях.

14. Сбор данных о химических веществах, энергии и других материалах, используемых при создании аналогичной продукции в других странах по доступным литературным источникам.
15. Определение количества энергии и сырья необходимого для производства исследуемого микроэлектронного устройства в год.
16. Анализ различных сценариев переработки микроэлектронного устройства после окончания срока его службы с целью выбора наиболее экологичного способа.
17. Расчет весовых коэффициентов основных производственных и экологических показателей/критериев (например, показателя токсического потенциала материала) с помощью метода иерархий Т.Саати.
18. Нормализация элементов столбцов матрицы парных сравнений их суммами, и усреднение результатов, получаемых в каждой строке.
19. Проведение анализа чувствительности результатов с целью определения их преобразований, связанных с изменением входных переменных, например, при увеличении потребления электроэнергии на этапе использования.
20. Определение значимых экологических аспектов микроэлектронного устройства и их количественных значений.

Таблица 1.1.1 – Пример сбора данных и моделирования жизненного цикла электронного устройства

Основные группы	Подгруппы
Дискретные полупроводниковые приборы (ПП)	1. Элементы дисплея
	2. Диоды
	3. Индикаторы
	4. Оптические вентили
	5. Тиристоры

Основные группы	Подгруппы
	6. Транзисторы
Электромеханические устройства	7. Компоненты электродержателя.
	8. Клеммы.
	9. Предохранители.
	10. Реле.
	11. Переключатели.
	12. Микрофоны.
	13. Динамики.
Магнитные устройства	14. Индукторы
	15. Регуляторы
	16. Программные модули
	17. Трансформаторы/преобразо ватели
	18. Катушки индуктивности
Механические устройства	19. Пластиковые механизмы
	20. Металлические механизмы
	21. Композитные механизмы
	22. Печатные монтажные платы
	23. Кабели
Интегральные микросхемы	24. Стандартные интегральные микросхемы
	25. Автоматизированные интегральные микросхемы
Пассивные устройства	26. Металлизированные бумажные конденсаторы
	27. Металлизированные пластиковые конденсаторы

Основные группы	Подгруппы
	28. Керамические конденсаторы
	29. Электролитические конденсаторы
	30. Мощные конденсаторы
	31. Потенциометры
	32. Резисторы
	33. Резисторная сеть
	34. Регулируемые резисторы
	35. Терморезисторы
Фильтры и линии задержки	36. Ферритовые антенны
	37. Линии задержки
Радиочастотные устройства	38. Кварцевые кристаллические элементы
	39. Осцилляторы
Другие	40. Адаптивные элементы
	41. Гибкие магнитные диски
	42. Ламповые панели
	43. Батареи
	44. Сигнальные устройства
	45. Антенны

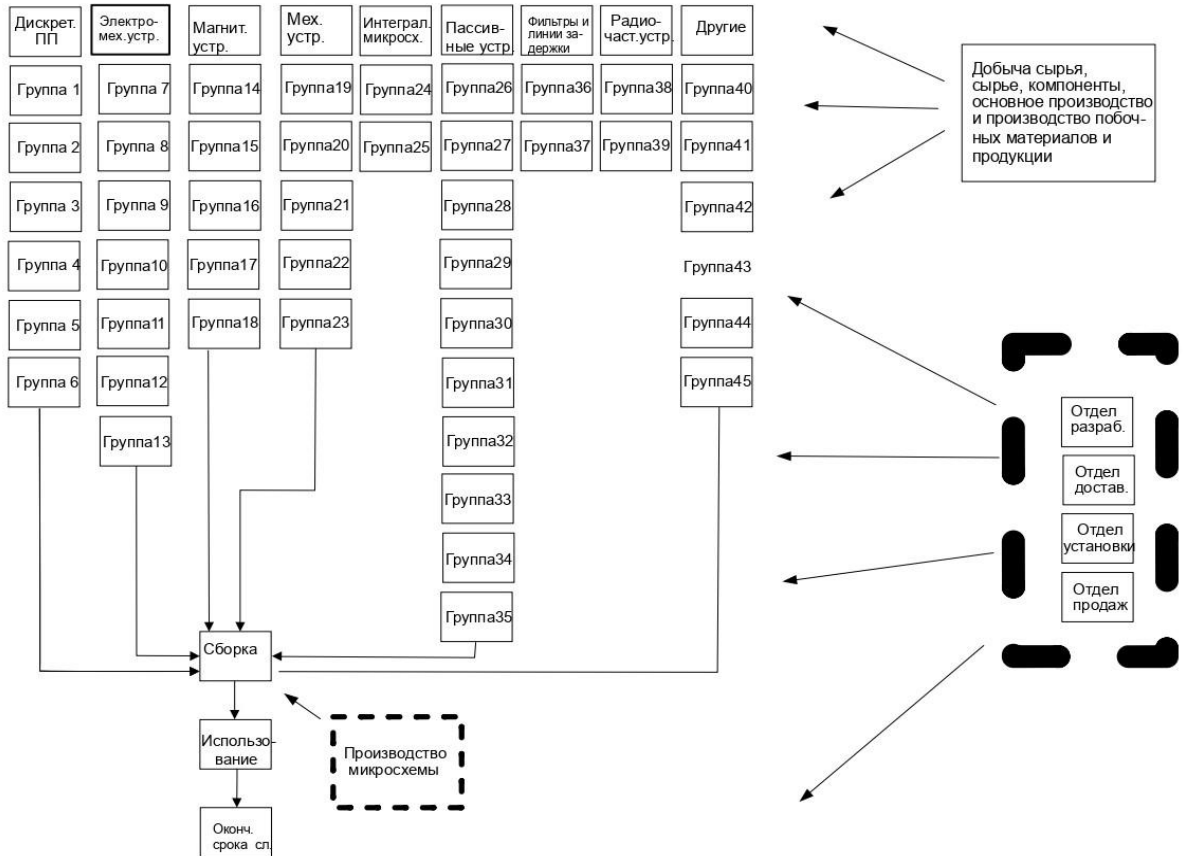


Рисунок 1.1.3 – Модель сбора данных и оценки жизненного цикла электронного устройства

Для оценки качества данных и репрезентативности можно использовать данные, представленные в Таблице 1.1.2. [122].

Таблица 1.1.2 – Обзор исходных данных по заданным показателям и область их применения

Процесс	Исходные данные по заданным показателям	Область применения исходных данных, примечания
Добыча сырья и обработка	данные из литературных источников	Данные статистики
Производство	конкретные данные	Конкретные данные от

Процесс	Исходные данные по заданным показателям	Область применения исходных данных, примечания
электронных компонентов		поставщиков для отдельных типов компонентов* Оценки, основанные на конкретных данных от других поставщиков для простых компонентов*
Производство механических компонентов	конкретные данные	Металлические и пластиковые детали: конкретные данные от поставщиков*
Сбора изделия	конкретные данные	Конкретные данные от производителя микроэлектронного устройства
Фаза эксплуатации	конкретные данные	Конкретные данные для каждой системы, рассчитанные по спецификациям производителя микроэлектронного устройства
Постэксплуатационная фаза	конкретные данные	Данные по конкретным объектам, в основном литературные источники
Организация	конкретные данные	Конкретные данные для каждой детали организации, по оценкам производителя

* Следует учесть, что эти данные относятся только к процессам обработки материалов и сборки компонентов. Для учета используемых при производстве материалов данные из литературных источников для каждого отдельного материала используются, если это применимо (в среднем, около 95% массы используемых материалов).

Проведенные научные исследования специфики РПП позволяют сделать следующие выводы:

- для получения исходных данных, необходимых для оценки жизненного цикла продукции микроэлектроники, требуется анализ большого массива информации от множества различных источников;
- предложенная методология жизненного цикла применима к большинству видов продукции РПП, так как включает практически всю номенклатуру компонентов для производства сложного электронного устройства.

Однако, частичное включение процессов подготовки сырья в ОЖЦ может изменить относительную экологическую значимость различных этапов процесса производства продукта микроэлектроники.

В этом случае, для оптимизации процессов травления и электроосаждения, а также сокращения экологических рисков требуется идентификация токсического потенциала используемых материалов.

1.1.3 Методология экологической оценки токсичного потенциала

Процесс контроля токсичности основан на методе сбора данных анализе «вход-выход». Следовательно, потребность в базе данных ограничивается необходимостью получения специфических данных только для единичных производственных процессов основных и вспомогательных производств. Процессы подготовки и доставки сырья на данном этапе ОЖЦ не учитываются [121].

Метод *ProTox* экологической оценки токсичного потенциала (ОТП) базируется на расчете отдельного критерия – токсичного потенциала (ТП) - для определения количественного потенциала опасности веществ. Таким образом, это выражается в скрининговой оценке наихудшего сценария развития событий. Модель ОТП включает в себя следующие параметры: класс опасности вредных веществ (ОВВ), предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества и индекс загрязнённости воды (ИЗВ).

Каждая входная переменная ранжируется по стандартной шкале параметра $N_{ОВВ}$, ПДК, ИЗВ от 0 (малоопасные) до 7 (чрезвычайно опасные), например, ИЗВ 3 («высокий уровень загрязненности») классифицируется как $N_{ИЗВ}=7$, ОВВ 3 («умеренно опасные») классифицируется как $N_{ОВВ}=4$.

Канцерогенность оценивается отдельно по стандартной шкале $N_{ПДК}$. На следующем этапе определяется функция агрегирования для каждого вещества:

$$N_{6-60} = Aggr(N_{ОВВ}, \max(N_{ПДК}, N_{ОВВ_ПДК}), \max(N_{ПДК}, N_{ОВВ_ИЗВ})) \quad (1.1.1)$$

$$Aggr(N_1...N_n) = \ln\left(\sum_{i=1}^n eN_{i-n+1}\right) \quad (1.1.2)$$

Ниже приведен примерный расчет ТП для серной кислоты:

$$N_{H_2SO_4} = \ln(e^5 + e^5 + e^3 - 2) = 5,75 \quad (1.1.3)$$

В итоге результат определяется по экспоненциальной шкале от 0 до 100 с поправочным коэффициентом (K) равным 32,869, который соответствует максимальному значению $N_{В-В0}$ (8,098) и максимальному значению ТП (100):

$$ТП_{6-60} = (e^{N_{6-60}} - 1) / K \quad (1.1.4)$$

Примерный расчет для серной кислоты:

$$ТП_{H_2SO_4} = (e^{5,75} - 1) / 32,869 = 9,55 \quad (1.1.5)$$

Для оценок производственных процессов значения ПТП веществ должны быть связаны с материальными потоками веществ. Показатель токсичного потенциала для входных материальных потоков ($m_{ивх}$) одного процесса рассчитывается следующим образом:

$$ТП_{вх.процесс} = \sum (m_{ивх} \cdot ТП_i) \quad (1.1.6)$$

ТП выходных потоков рассчитывается также, но, чтобы избежать дублирования данных, показатель токсического потенциала продукции в расчет не включается.

Для каждого модуля процессов значения ТП каждого материального потока должны быть агрегированы для единичного процесса, связанного с токсичным потенциалом.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что при производстве печатных плат с целью сокращения экологических рисков необходима оптимизация процессов комплексного травления нитратом меди и обработки поверхностей электролитами.

По сравнению с другими схожими технологиями процесс заливки характеризуется процессами жидкостного химического шлифования. Электрохимические процессы при производстве позволяют обеспечить основные

свойства печатных плат: способность к пайке, электропроводность, необходимую эластичность и равномерность распределения металлических покрытий.

В качестве НДТ для российских РПП, применяющих электрохимические или электролитические процессы при производстве, следует использовать такие технологии как: следующие: подготовка поверхности механическим способом, полирование, экологически чистая металлизация пластмасс, обезжиривание, широкий спектр гальванических процессов.

1.2 Методы и средства экологического нормирования допустимых воздействий для РПП

Обобщенный анализ специфики российских технологий РПП выявил, что значительная их часть применяет экологически опасные технологии [88, 89, 94]. При этом, как правило, эти технологии не соответствуют отраслевым критериям НДТ [19, 95], как для радиоэлектронных, так и для приборостроительных производств. В сбросах и выбросах основных и вспомогательных производств радиоэлектроники и приборостроения лимитирующими с экологической точки зрения является следующий ряд загрязняющих токсичных веществ [17]: кадмий, шестивалентный хром, свинец, полибромированные бифенолы, дифенол-эфир, ртуть и другие высокотоксичные, канцерогенные и обладающие мутагенным влиянием на живые организмы вещества.

Объективность оценки эколого-геохимического воздействия РПП на гидросферу, атмосферу и литосферу связана с необходимостью учета распределения компонентов-загрязнителей в полном цикле производственных технологий от исходного сырья до широкой номенклатуры выпускаемой продукции. Это предопределяет необходимость установления критериев количественной оценки воздействия РПП на окружающую среду (ОС).

Разработка методологии комплексного прогнозирования, нормирования и оценки эколого-геохимического воздействия РПП на компоненты ОС позволит

соизмерить в рамках информосферы, обладающей специфическим информационным содержанием и предназначенную для передачи и хранения информации, полученные данные о воздействии на биосферу с помощью соответствующих технических средств, являющихся носителями необходимой информации.

В соответствии с изменениями водного законодательства экологические проблемы РПП должны решаться на межотраслевом регионально-бассейновом уровне. Это в свою очередь предопределило необходимость более эффективного прогнозирования, нормирования и анализа влияния РПП на окружающую природную среду в рамках территориального природно-производственного комплекса с соответствующей инфраструктурой [2].

В диссертационном исследовании рассмотрен ТППК бассейна рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга, который объединяет более 25-ти РПП, размещенных на различных водохозяйственных подучастках (РВП), каждый из которых имеет свой индивидуальный код в соответствии с водохозяйственным районированием. Исследуемый ТППК представляет собой региональную водохозяйственную систему с распределенными в ее границах радиоэлектронными и приборостроительными производствами [58, 65, 66].

Каждый водохозяйственный комплекс представляет совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы по водохозяйственным подучасткам [9].

Производственно-водохозяйственные системы в виде ТППК управляются с применением методов системного анализа на основе формальных математических методов, а также с помощью неформальных экспертных методов исследования сложных систем и комплексов, функционирующих в значительной части в условиях неопределенности. Структура математических моделей строится с позиций целостного представления о функционировании территориального бассейнового природно-производственного комплекса для учета взаимодействия всеми водопользователями во времени и пространстве. При этом могут

оцениваться основные зависимости между отдельными подсистемами (водохозяйственными подучастками) и водопользователями (основными элементами ТППК).

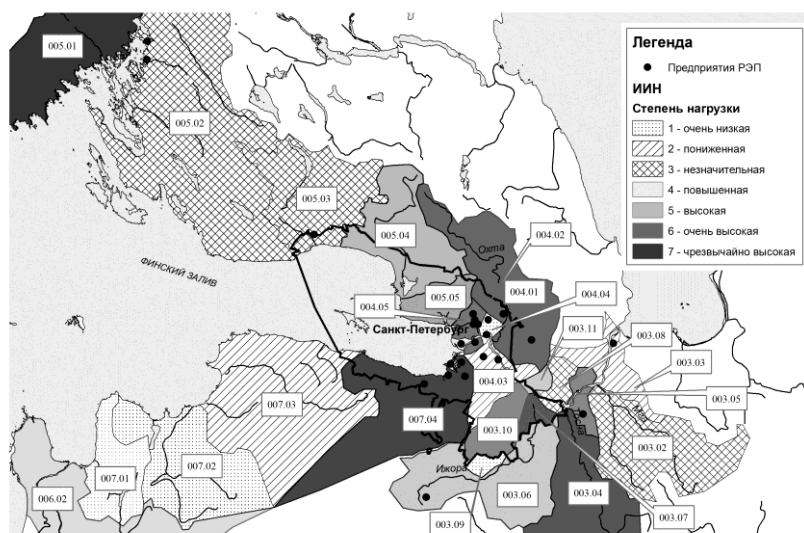


Рисунок 1.2.1 - Карта-схема размещения предприятий радиоэлектроники и приборостроения в ТППК бассейна рек Ленинградской области и Санкт-Петербурга

Обоснование и выбор типа модели базируется на двух типах схематизации территории речного бассейна и его водохозяйственной системы: точечной (камерной) и потоковой.

Точечная схема основана на бассейновом районировании, когда характеристики, включаемые в соответствующую модель, соотнесены с каждым водохозяйственным участком в целом. Потоковая схематизация водохозяйственных систем в ТППК отражает связи между водопользователями и объектами гидросферы.

Основные этапы системного анализа ТППК и их взаимосвязи представляются в виде:

1. Постановка задачи и ограничение ее степени сложности.

2. Установление иерархии целей и задач по комплексному перераспределению нагрузки в ТППК.
3. Выбор путей решения задачи для разных типов моделей.
4. Моделирование с применением точечной (камерной) или потоковой модели.
5. Оценка возможных стратегий перераспределения нагрузки между водопользователями.
6. Внедрение результатов по принятым решениям на основе вероятностно-детерминированного моделирования.

Необходимость комплексного и междисциплинарного подхода для организационно-технологического обеспечения экологически устойчивого функционирования РПП в составе ТППК связана неопределенностью происходящих в них процессов – как природных, объединяемых понятиями гидрологического цикла водного баланса, экологического равновесия, климатических изменений, специфики видов производств и т.п.

На межотраслевом регионально-бассейновом уровне для устойчивого развития ТППК в соответствии с водным законодательством устанавливаются нормативы допустимого воздействия (НДВ) в рамках схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), для отдельных предприятий – нормативы допустимых сбросов (НДС) [39, 40].

Для разработки указанных нормативов строятся математические модели ТППК, учитывающие основные факторы и параметры формирования качества воды в водном объекте и номенклатуру производственно-технологических показателей предприятий радиоэлектроники и приборостроения, сформированных с помощью метода нечеткого линейного программирования с вероятностными ограничениями (НЛПВО), основанном на теории нечетких множеств и анализе различных сценариев [127]. Такие модели позволяют обосновать НДВ для каждого производства.

Природопользователи и лица, принимающие решения в области охраны окружающей среды, несут ответственность за распределение водных ресурсов в рамках ТППК, экономию водопотребления и сокращение сброса сточных вод в период долгосрочного планирования. Объем потребления воды может отличаться для каждого предприятия РПП в заданном периоде, кроме того, доля воздействия отдельного производства на водный объект заранее неизвестна. Такая неопределенность может привести к сложностям, связанными с управлением водными ресурсами и обеспечением устойчивости системы. Метод нечеткого линейного программирования с вероятностными ограничениями (НЛПВО) позволяет связать результативность системы управления водными ресурсами (СУВО) и риском ее отказа, с нечетким ограничением принадлежности (т.е. ограничением объема водопользования для каждого производства РПП в рамках ТППК). Кроме того, подход, основанный на методе анализа сценариев (АС), позволяет моделировать различные прогнозы. Интегрирование АС в модель НЛПВО выражается следующим образом:

$$\text{Min}E = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1.2.1a)$$

при условии:

$$\text{Cr} \left\{ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq \bar{b}_i \right\} \geq \lambda_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (1.2.1б)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

где x_j – параметр принятия решения;

c_j и a_j – коэффициенты;

b_i – коэффициенты правой части неравенства;

Cr – степень принадлежности, которая широко используется во многих областях исследований.

Пусть ξ – нечеткая переменная с функцией принадлежности u и r – действительные значения, t – планируемый период, λ – степень принадлежности.

Достоверность неравенства $r \leq \xi$ выражается следующими нечеткими множествами:

$$Cr(r \leq \xi) = \begin{cases} 1, r \leq \underline{t} \\ \frac{2t - \underline{t} - r}{2(t - \underline{t})}, \underline{t} \leq r \leq t \\ \frac{r - t}{2(t - \underline{t})}, t \leq r \leq \underline{t} \\ 0, r \geq \underline{t} \end{cases} \quad (1.2.2)$$

Пусть $\sum_{j=1}^n a_{ij}^{\pm} x_j^{\pm} = s_i^{\pm}$. Тогда, уравнение (1.2.1б) можно представить в виде:

$$Cr\{s_i \leq \tilde{b}_i\} \geq \lambda_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (1.2.3)$$

Как правило, значение степени принадлежности должно быть больше 0,5. Поэтому на основе расчета степени принадлежности для каждого неравенства $1 \geq u_i \geq \lambda_i \geq 0,5$ получаем следующее выражение:

$$\frac{2b_i - \underline{b}_i - s_i}{2(b_i - \underline{b}_i)} \geq \lambda_i \quad (1.2.4)$$

В практических задачах менеджмента водных ресурсов некоторые экономические параметры определяются социально-экономическими, политическими, законодательными и технологическими факторами, которые трудно получить, основываясь на смоделированных сценариях или нечетких множествах, но могут быть представлены в виде значений диапазонов с использованием метода программирования параметров диапазона. Вводя данную модель в модель программирования с вероятностными ограничениями, модель НЛПВО может быть сформулирована следующим образом:

$$Min E^{\pm} = \sum_{j=1}^n c_j^{\pm} x_j^{\pm} \quad (1.2.5a)$$

при условии:

$$Cr\left\{\sum_{j=1}^n a_{ij}^{\pm} x_j^{\pm} \leq \tilde{b}_i^{\pm}\right\} \geq \lambda_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (1.2.5б)$$

$$\sum_{j=1}^m a_{ij}^{\pm} x_j^{\pm} \leq b_i^{\pm}, i = m + 1, m + 2, \dots, K \quad (1.2.5в)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (1.2.5\Gamma)$$

В соответствии с неравенством (1.2.4) и выражением $\sum_{j=1}^n a_{ij}^{\pm} x_j^{\pm} = s_i^{\pm}$, модель НЛПВО может превратиться в следующий вид:

$$\text{Min} E^{\pm} = \sum_{j=1}^n c_j^{\pm} x_j^{\pm} \quad (1.2.6\text{а})$$

при условии:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij}^{\pm} x_j^{\pm} \leq b_i + (1 - 2\lambda_i^{\pm})(b_i - \underline{b}_i), i = 1, 2, \dots, m \quad (1.2.6\text{б})$$

$$\sum_{j=1}^m a_{ij}^{\pm} x_j^{\pm} \leq b_i^{\pm}, i = m+1, m+2, \dots, K \quad (1.2.6\text{в})$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (1.2.6\text{г})$$

где $a_{ij}^{\pm} \in \{R^{\pm}\}^{mm}$, $c_j^{\pm} \in \{R^{\pm}\}^{1n}$ и $x_j^{\pm} \in \{R^{\pm}\}^{n1}$; R^{\pm} представляет количество диапазонов, где верхние индексы «-» и «+» - нижняя и верхняя граница значений диапазона, соответственно, « \pm » - значение диапазона с нижними и верхними границами. Для получения нижней и верхней границ в модели НЛПВО используется двухшаговый метод наименьших квадратов ($f_{opt}^{\pm} = [f_{opt}^-, f_{opt}^+]$ и $x_{opt}^{\pm} = [x_{opt}^-, x_{opt}^+]$) по каждому сценарию и каждому уровню λ ; f^{\pm} - системные выгоды в планируемые периоды.

Основываясь на методе НЛПВО сформулирована имитационная модель «НЛПВО-СУВО» (Рисунок 1.2.2).

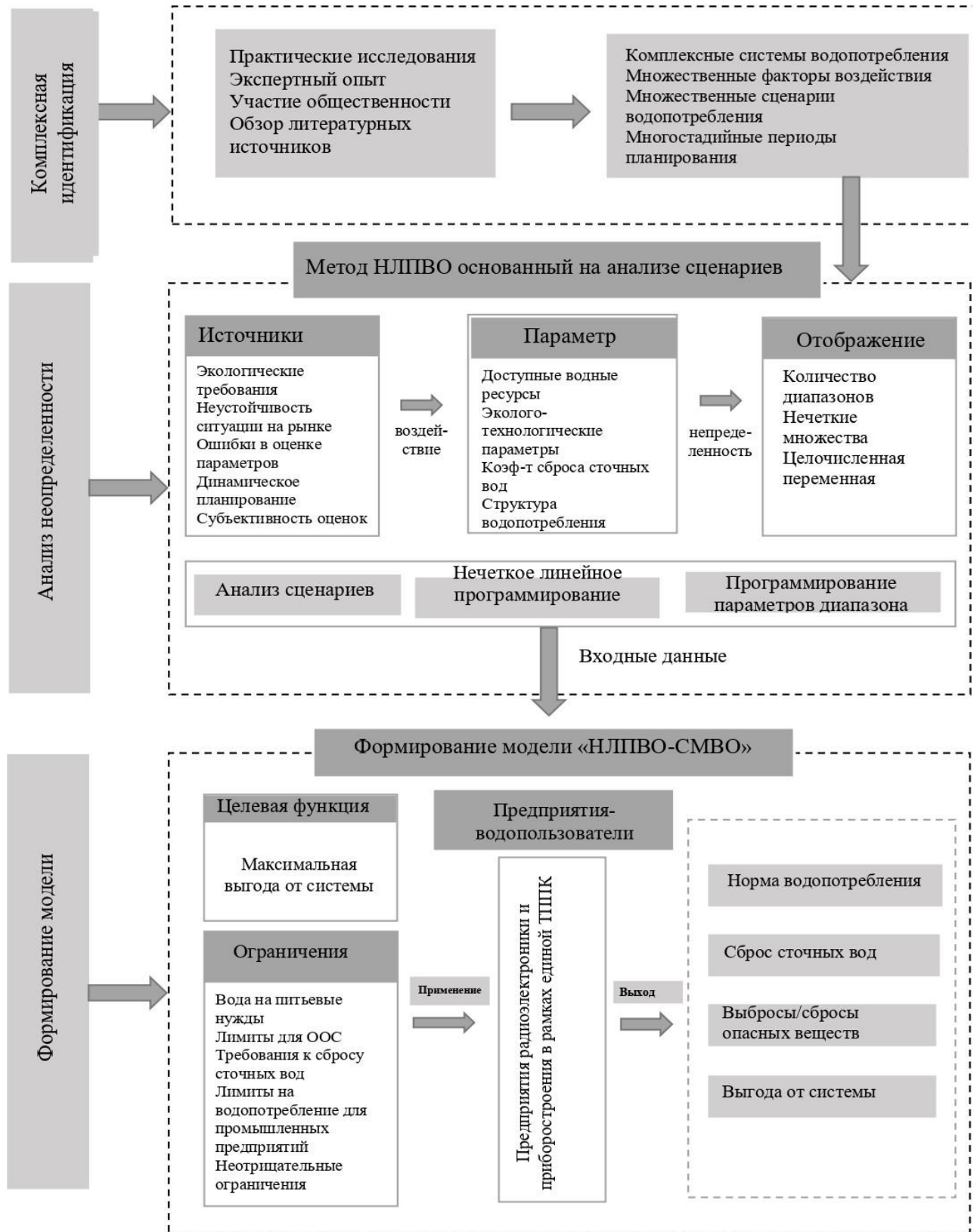


Рисунок 1.2.2 – Формирование модели «НЛПВО-СУВО» для РПП в рамках ТППК

В рамках представленной модели система разделена на три части: 1) сложность и комплексность идентификации в модели «НЛПВО-СУВО»; 2) разработка метода НЛПВО; 3) разработка и применение модели «НЛПВО-СУВО», а также рекомендации по выбору стратегии для лиц, принимающих решения. Целью формирования модели «НЛПВО-СУВО» является достижение максимальной системной выгоды в рамках ряда ограничений. Алгоритм принятия решений с помощью модели «НЛПВО-СУВО» представлен на Рисунке 1.2.3. Целевая функция включает следующие ограничения: потребление воды для хозяйственно-питьевых нужд; минимальная доля экологического водопотребления и мероприятий, направленных на охрану окружающей среды (ООС); требования к сбрасываемым сточным водам. Данные ограничения в общем виде сводятся к ограничению общей доступности водных ресурсов. При этом целевая функция выражается следующим уравнением:

$$Maxf^{\pm} = \sum_{c=1}^{13} \sum_{u=1}^3 \sum_{t=1}^3 (R_{c,u,t}^{\pm} - C_{c,u,t}^{\pm}) \cdot W_{c,u,t}^{\pm} \quad (1.2.7)$$

Ограничения выражаются следующим образом:

1. Ограничение общей доступности водных ресурсов

$$\sum_{c=1}^{13} \sum_{u=1}^3 W_{c,u,t}^{\pm} \leq T_t^{\pm} \quad (1.2.8)$$

2. Ограничение водных ресурсов для хозяйственно-питьевых нужд

$$Cr \left\{ W_{c,3,t}^{\pm} \geq \tilde{d}_{c,1,t}^{\pm} \right\} \geq \lambda^{\pm} \quad (1.2.9)$$

$$W_{c,1,t}^{\pm} \geq d_{c,1,t}^{\pm} + (1 - 2\lambda^{\pm}) \cdot (d_{c,1,t}^{\pm} - \underline{d}_{c,1,t}^{\pm})$$

3. Ограничение, связанное с минимальным соотношением между экологическим водопотреблением и охраной окружающей среды (ООС)

$$Cr \left\{ W_{c,3,t}^{\pm} \geq \sum_{u=1}^3 W_{c,u,t}^{\pm} \cdot \tilde{\alpha}_{c,t}^{\pm} \right\} \geq \lambda \quad (1.2.10)$$

$$W_{c,3,t}^{\pm} \geq \sum_{u=1}^3 W_{c,u,t}^{\pm} \cdot \alpha_{c,t}^{\pm} + (1 - 2\lambda) \cdot (\alpha_{c,t}^{\pm} - \underline{\alpha}_{c,t}^{\pm})$$

4. Ограничение, связанное с требованиями к сточной воде

$$\sum_{c=1}^{13} \sum_{u=1}^3 W_{c,u,t}^{\pm} \cdot P_{c,u,t}^{\pm} \leq S_t^{\pm} \quad (1.2.11)$$

5. Ограничение по выбросам/сбросам опасных веществ

$$\sum_{c=1}^{13} \sum_{u=1}^3 W_{c,u,t}^{\pm} \cdot P_{c,u,t}^{\pm} (1 - \eta_t^{\pm}) \leq HS_t^{\pm} \quad (1.2.12)$$

6. Ограничение по лимитам водопотребления для промышленных предприятий

$$\begin{aligned} & Cr \left\{ \sum_{c=1}^3 W_{c,u,t}^{\pm} \cdot (\tilde{\beta}_{lb})_{c,t}^{\pm} \geq W_{c,3,t}^{\pm} \right\} \geq \lambda^{\pm} \\ & \sum_{u=1}^3 W_{c,u,t}^{\pm} \cdot ((\beta_{lb})_{c,t}^{\pm} + (1 - 2\lambda^{\pm}) \cdot ((\beta_{lb})_{c,t}^{\pm} - (\underline{\beta}_{lb})_{c,t}^{\pm})) \geq W_{c,3,t}^{\pm} \\ & Cr \left\{ \sum_{u=1}^3 W_{c,u,t}^{\pm} \cdot (\tilde{\beta}_{lb})_{c,t}^{\pm} \geq W_{c,3,t}^{\pm} \right\} \geq \lambda^{\pm} \\ & \sum_{u=1}^3 W_{c,u,t}^{\pm} \cdot ((\beta_{ub})_{c,t}^{\pm} + (1 - 2\lambda^{\pm}) \cdot ((\beta_{ub})_{c,t}^{\pm} - (\underline{\beta}_{ub})_{c,t}^{\pm})) \geq W_{c,3,t}^{\pm} \end{aligned} \quad (1.2.13)$$

7. Неотрицательное ограничение

$$W_{c,u,t}^{\pm} \geq 0 \quad (1.2.14)$$

где «~» - нечеткие множества;

u – назначение потребляемой предприятием воды (1 – для хозяйственно-питьевых нужд, 2 – для основного и вспомогательного производственного процесса, 3 – на природоохранные мероприятия);

$R_{c,u,t}^{\pm}$ - коэффициент выгоды (руб./м³);

$C_{c,u,t}^{\pm}$ - коэффициент стоимости (руб./м³);

$W_{c,u,t}^{\pm}$ - лимиты водопотребления для каждого водопользователя в рамках ТППК в планируемый период (м³);

$T_{c,u,t}^{\pm}$ - общее количество потребляемой воды (м³);

$d_{c,u,t}^{\pm}$ - количество воды, потребляемой на хозяйственно-питьевые нужды;

$\alpha_{c,u,t}^{\pm}$ - минимальная доля экологического водопотребления и мероприятий, направленных на охрану окружающей среды;

$P_{c,u,t}^{\pm}$ - коэффициент стока неочищенных сточных вод;

$S_{c,u,t}^{\pm}$ - максимальный стока неочищенных сточных вод;

$\eta_{c,u,t}^{\pm}$ - доля удаления опасных химических веществ;

$HS_{c,u,t}^{\pm}$ - общее количество опасных химических веществ (т);

$(\beta_{lb})_{c,u,t}^{\pm}$ - минимальная доля потребляемой воды для основного и вспомогательного производства;

$(\beta_{ub})_{c,u,t}^{\pm}$ - максимальная доля потребляемой воды для основного и вспомогательного производства.

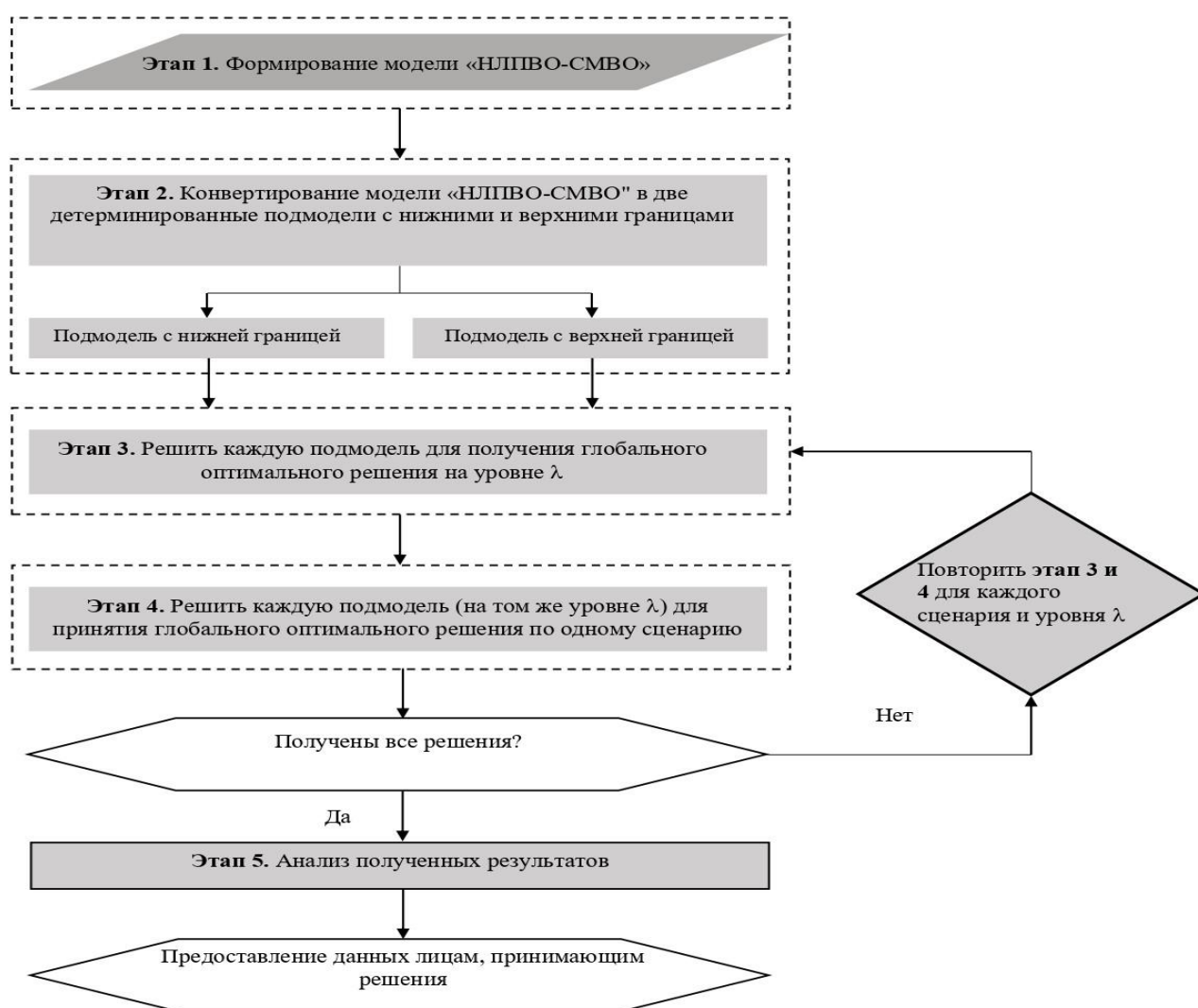


Рисунок 1.2.3 – Алгоритм принятия решений с помощью модели «НЛПВО-СУВО»

Имеющиеся программные средства, с учетом специфики рассматриваемых задач, характеризуются функциональной недостаточностью. Это связано с необходимостью обеспечения полноценной совместимости предприятия радиоэлектронной промышленности и приборостроения с эко- и биосферой путем построения детерминированных моделей для неконсервативных загрязняющих веществ, в общем случае. В диссертационном исследовании рассмотрены модели конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ (КДПиПВ) с учетом трансформации специфических для данных отраслей ингредиентов. В качестве интегрального показателя используется величина растворенного в воде кислорода для различных гидрологических режимов, определяемых гидрографом стока, уровнем воды и рядом других характеристик [39, 56, 58]. Ключевым условием эффективного применения указанных типов математических моделей для отдельных участков природно-производственных комплексов становится идентификация параметров. При этом возникает необходимость учета всех водопользователей и природных факторов при их взаимовлиянии в пределах бассейновых округов, для которых фактически применяется методология поддержки и принятия решений по распределению нормативов допустимых сбросов в соответствии с результатами имитационного моделирования (ИМ) по квотированию нагрузки всех водопользователей.

Для повышения эффективности решения указанных задач в пределах ТППК бассейнового округа необходимо применение средств имитационного моделирования сложных водохозяйственных систем (СВС) ТППК с использованием современных геоинформационных технологий и средства визуализации, позволяющих обеспечить совместимость между всеми рассматриваемыми субъектами при требуемом качестве их функционирования со стандартизованными значениями параметров, учитывая различные одновременные экологические влияния [41, 44, 48].

1.3 Сопоставительный анализ отечественного и европейского природоохранного законодательства для РПП

1.3.1 Требования к содержанию опасных химических веществ в продукции радиоэлектронной промышленности и приборостроения

В 2011 году в ЕС вступила в силу Директива 2011/65/EU - Restriction of use of certain Hazardous Substances (RoHS), ограничивающая использование отдельных опасных веществ в электронном и электротехническом оборудовании [125].

Любой совместимый с Директивой RoHS компонент тестируется на присутствие свинца (Pb), кадмия (Cd), ртути (Hg), гексавалентного хрома (Hex-Cr), полибромированных бифенилов (PBB) и полибромированных дифениловых эфиров (PBDE).

Директива RoHS дополняет другую директиву Европейского Союза 2012/19/EU об отходах электрического и электронного оборудования - Waste from Electrical and electronic Equipment (WEEE) – директиву, которая касается процесса вторичного использования оборудования и материалов - и тесно с ней связана. Обе Директивы предусматривают ограничение отходов электрических и электронных товаров при одновременном предотвращении риска загрязнения окружающей среды вышеуказанными веществами.

Директива 2011/65/EU, с последующими дополнениями и изменениями, ввела новые обязательства по оценке соответствия, декларации и маркировке электрических и электронных изделий.

В 2015 году принята Директива 2015/86/EC (RoHS2), внесшая существенные изменения в предыдущий документ.

Директива RoHS2 распространяется на приборы, работающие от источников переменного тока с напряжением до 1000 В или постоянного тока с напряжением до 1500 В.

Одним из важных отличий Директивы RoHS2 от ранее действовавшей Директивы RoHS является поэтапное включение в область распространения новых категорий продукции. В их числе:

- медицинские приборы (кроме активных имплантатов);
- инструменты мониторинга и контроля;
- лабораторные диагностические медицинские приборы;
- промышленные приборы мониторинга и контроля;
- радиоэлектронные изделия.

Электрическое и электронное оборудование, которое не подпадало под требования старой Директивы RoHS и в настоящее время не входит ни в одну из категорий Директивы RoHS2, должно соответствовать требованиям новой Директивы с 22 июля 2019 года.

Для большого числа электротехнических и радиоэлектронных изделий по ряду опасных веществ вводятся или устанавливаются поэтапные сроки введения обязательных требований по ограничению содержания таких веществ.

Как и ранее, в изделиях электротехники и радиоэлектроники ограничивается применение опасных веществ: ртути, свинца, кадмия, шестивалентного хрома, полибромбифенилов и полибромированных дифениловых эфиров (ПБДЭ).

Возможность замены ртути другими химическими агентами (в процентном содержании) при производстве продукции радиоэлектронной промышленности и приборостроении представлена ниже:

- электролиз соляного раствора – до 100%;
- зарядные батареи, аккумуляторы – 50-100%;
- измерительные приборы – 75-100%;
- химические соединения – 50-100%.

Ртутьсодержащие плоские зарядные устройства и аккумуляторы могут быть замещены цинко-воздушными, литиевыми, щелочными и серебрянооксидными батареями. Цинко-воздушные батареи часто используются в приборах удаленного

наблюдения за сердечным ритмом, причем замечено, что их производительность и срок службы превышают соответствующие параметры ртутных батареек. Цинко-воздушные батарейки особенно хорошо подходят для использования в постоянно включенных измерительных приборах, т.к. они разряжаются при хранении.

Большая часть современных муниципальных мусоросжигательных установок оборудована системами контроля выбросов, ориентированными на разные типы загрязнителей. Некоторые системы можно настроить на управление выбросами ртути (за счет контролирования температуры горения).

Специфический контроль содержания ртути может быть достигнут с помощью вбросов угля, газоочистителей, или с применением обеих технологий.

Сокращение содержания кадмия в стоках РПП достижимо за счет следующих технических улучшений: оптимизация технологических процессов очистки сточных вод (предварительная очистка, дополнительные стадии: осаждение за счет изменения рН, коагуляция, настройка времени выдержки сточных вод, фильтрация песком, предварительная очистка сточных вод промышленного происхождения), обработка отходов заводов по вторичной переработке, металлургических предприятий, в т.ч. сталеплавильных. Основными источниками кадмиевого загрязнения являются такие виды промышленности, как горнодобывающие предприятия, обработка минерального сырья, целлюлозно-бумажное производство – для этих источников загрязнения оптимальными технологиями очистки являются оптимизированные песчаные фильтры и искусственные пруды в качестве дополнительных этапов очистки. Также большой интерес представляют и новые методы очистки стоков. Многоступенчатые системы спуска и очистки воды в качестве дополнительного этапа применяются в-основном в специальных условиях, для очистки технологических стоков. В таких системах используются биологические методы очистки, ионообменные системы, сорбция на модифицированном активированном угле, мембранная фильтрация, нанофильтрация, электрохимические методы очистки. Эти методы

могут улучшить качество сточных вод в металлургии и производстве микроэлектроники. Наиболее широкими возможностями среди вышеперечисленных методов обладает ионный обмен.

Эффективность снижения концентрации кадмия в масштабах предприятия зависит от того, насколько системно применяется принцип НДТ, а также от конкретных производственных условий. Более конкретно, роль играет стратегия сокращения объема сточных вод, водооборот и способ очистки исходящих стоков (на локальных или центральных очистных сооружениях). При благоприятных условиях базовой технологией может являться осаждение, дающее 99-99.9% результат. С использованием технологии осаждения и эффективного коагуляционного процесса концентрации кадмия в стоках металлургических предприятий могут снизиться после обработки до величин, не превышающих 0,05 мг/л. Удаление кадмия электрокоагуляционным методом позволяет снизить концентрацию на 95-99% (обрабатывалась вода с концентрацией кадмия в 0,3 мг/л). Стоимость очистки сточных вод с низким содержанием кадмия (менее 5 мг/л) относительно высока, но, с другой стороны, очень высокие концентрации требуют дополнительных мер по очистке.

Расходы на очистку зависят от организации процесса очистки (используемой технологии и типа удаления загрязнителя). Дополнительные расходы для оптимизированных техник удаления кадмия и дополнительных простых технологических решений относительно невелики (5-15%) по сравнению с базовыми расходами на обработку сточных вод. Затраты на обработку больших объемов стоков с применением НДТ довольно высоки. Нахождение качественных и недорогих сорбентов может быть ключевым фактором достижения эффективного и экономически доступного решения.

Организация сбора электронного оборудования, ПВХ и других отслуживших свой срок продуктов и материалов, содержащих соединения кадмия, является важным элементом на уровне предприятий, муниципальных образований и отраслей промышленности в целом. Помимо организации

централизованного сбора отходов, добровольные соглашения между производителями и пользователями кадмийсодержащих продуктов и материалов также могут оказаться весьма эффективной мерой. Имеет смысл заключать добровольные соглашения о сборе кадмийсодержащего ПВХ между производителями и потребителями ПВХ.

Наибольшее опасение вызывает превышение нормативов содержания ПБДЭ при попадании этого вещества в водные объекты от предприятий РПП. В этом случае среди наиболее эффективных методов для очистки сточных вод, помимо традиционных биологических и механических методов, можно отметить: мембранные биореакторы; сорбция на цеолитах; окисление (например, озона); фильтрация песком

Другой аспект в управлении выбросами ПБДЭ на уровне предприятия состоит в контроле загрязнения воздуха твердыми частицами. В связи с размером частиц, обычно генерирующихся в ходе этих производственных процессов, электрофильтрация считается более эффективным методом, чем циклонный тип очистки.

Наиболее эффективный и экономически выгодный в долгосрочном масштабе подход направлен на замещение ПБДЭ при производстве изделий радиоэлектроники другими видами огнезащитных веществ или изменении технологии производства. Эти подходы устраняют проблемы, связанные с контролем выбросов и применяют ограничения, установленные законодательством. Несколько исследований в США и ЕС в течение последнего десятилетия показали, что среди негалогенированных антипиренов имеются столь же действенные и доступные альтернативы всем наиболее часто используемым ПБДЭ в производстве электронных изделий. Для наиболее рентабельных негалогенированных заменителей ударопрочного полистирола с добавкой декаБДЭ необходимо изменение системы смол и использование огнезащитных веществ на основе фосфора.

В силу особых физико-химических свойств ПБДЭ, в особенности декабромированный дифенилэфир как наиболее широко используемое производное, не сохраняется в воде, быстро осаждаюсь на иловые частицы. В результате большая часть ПБДЭ, попадающих на очистные сооружения со сточными водами, оказывается связанной с осадком. Вследствие этого более разумным представляется концентрация усилий не на очистке воды от ПБДЭ, а на последующей утилизации загрязненного осадка.

Самым эффективным способом устранения сильно загрязненного осадка является сжигание в установках для сжигания опасных отходов. При этом этот выбор экономически выгоден, если собранный сухой осадок не должен быть транспортирован на большие расстояния.

Если сжигание невозможно или слишком дорого, перед внесением осадка в пахотные земли должен быть проведен тщательный контроль уровня загрязненности ила. Если концентрации оказываются слишком высокими, ил может быть депонирован на полигоне для опасных отходов.

Концентрации шести вышеназванных потенциально опасных веществ, включая ПБДЭ, при использовании их при производстве изделий радиоэлектроники не должны превышать 0,1 % для свинца, ртути, шестивалентного хрома, полибромфенила и 0,01% – для кадмия.

Директива RoHS2, которая расширяет список запрещенных веществ с шести до десяти, добавляет четыре новых типа фталатов, которые используются для размягчения ПВХ и виниловой изоляции на электрических проводах: бис (2-этилгексил) фталат, бензилбутилфталат, дибутилфталат, диизобутилфталат.

Фталаты, определенные директивой RoHS2 используются в качестве пластификаторов и уже запрещены или ограничены во многих странах мира. На долю бис (2-этилгексил) фталата приходится более половины отрасли пластификаторов, например, его присутствие на рынке Азиатско-Тихоокеанского региона составляет 60%. Также это химическое вещество широко распространено в ПВХ. Бензилбутилфталат широко используется в виниловых напольных плитах,

но также может быть найден в уплотнениях и клеях. Дибутилфталат также может использоваться в клеях и чернилах. Диизобутилфталат используется для изготовления акрилового пластика.

Продукция не имеющая соответствие требованиям Директив RoHS, не может иметь CE (Conformité Européenne) маркировку, если отраслевая директива ее требует.

Если любое из запрещенных веществ, содержащихся в компоненте, превышает норматив, компонент не соответствует требованиям RoHS.

Директивы RoHS стали ответом на усиление общественного контроля за воздействием радиоэлектронных и приборостроительных производств на окружающую среду. Электронные отходы представляют собой опасность, могут привести к смерти, болезни всех тех, кто подвергается воздействию данных веществ.

В Директиве RoHS2 приводятся рекомендации по применению опасных веществ с целью недопущения или уменьшения негативных влияний на окружающую среду (ОС) и здоровья людей, при использовании в электрическом и электронном оборудовании и их компонентах, а также при переработке продукции и утилизации отработанных отходов.

Важнейшим отличием RoHS2 от директивы RoHS стали процедуры подтверждения соответствия. Декларация ЕС о соответствии Директиве RoHS2, наличие технического файла в ЕС и нанесение CE-маркировки теперь являются обязательными. Продукция, попадающая в область применения Директивы RoHS2, должна иметь знак CE, имя и адрес производителя и серийный номер или номер партии. Обязательно наличие подробной информации о соответствии в декларации ЕС о соответствии продукта, созданного производителем (владельцем бренда), ответственного за разработку или представителя ЕС. Завод-изготовитель должен постоянно иметь в наличии определенную документацию для демонстрации соответствия, известную как технический файл. Директива требует от производителя подтверждения соответствия, в том числе протоколов

испытаний. Визуальные индикаторы включают в себя надписи: "Соответствует RoHS", зеленые листья, галочки и маркировки об отсутствии содержания свинца. Кроме того, есть тесная связь со знаками, которые часто используются по WEEE.

Российские производители, поставляющие оборудование в страны ЕС, обязаны проводить необходимые испытания на соответствие требованиям законодательства Евросоюза.

RoHS2 требует, чтобы производители, импортеры или дистрибьюторы до размещения продукта на европейском рынке имели техническую документацию, с описанием процедуры внутреннего контроля продукта, внедренные в производство, для обеспечения того, чтобы в электронном продукте не присутствовали вещества, определенные данной директивой.

Техническая документация на соответствие RoHS является самой большой проблемой для производителей изделий радиоэлектроники. Изготовители составляют требуемую техническую документацию и выполняют внутреннюю процедуру контроля производства в соответствии с модулем А Приложения II к Решению № 768/2008/ЕС Европейского парламента и совета, определяющему общие условия реализации продукции в Европейском экономическом пространстве. Продукты не могут продаваться на рынке ЕС, если производитель не составил технический файл.

Файл технической документации RoHS должен отвечать определенным требованиям и позволять оценивать соответствие продукции, включает в себя адекватный анализ и оценку риска. Файл технической документации должен включать исчерпывающий список поставщиков сырья и комплектующих, отчетов об испытаниях от поставщиков. В отчетах об испытаниях должна быть четкая идентификация тестовой лаборатории, дата отчета об испытаниях, наименование и адрес лаборатории, ее аккредитация, четкая идентификация продукта, применимое законодательство, метод испытаний, оборудование, используемое при испытаниях, подтверждение того, что все результаты соблюдены и

предельные ограничения по веществам приемлемы. Процедуры соответствия RoHS должны быть интегрированы в систему управления качеством.

RoHS сертификаты соответствия (RoHS Certificate of compliance) выдаются на основании результатов тестирования, которые проводятся в аккредитованной европейской лаборатории согласно стандарту IEC 62321 IEC 62321-1:2013 Determination of certain substances in electrotechnical products - Определение регламентированных веществ в электротехнических изделиях -, разработанный техническим комитетом по стандартизации IEC TC 111 «Стандартизация в области окружающей среды относительно электрических и электронных товаров и систем» Международной электротехнической комиссии (IEC).

С целью повышения конкурентоспособности изделий РПП стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС) на рынке ЕС в 2016 году утвержден ГОСТ IEC 62321-1-2016 по идентификации нормируемых веществ в электротехнических изделиях [21].

Кроме того, с 01.03.2018 вступил в силу технический регламент ЕАЭС по ограничению использования опасных химических веществ в продукции радиоэлектроники и приборостроения [100].

До 01.03.2020 вся продукция РПП, поставляемая на рынок ЕАЭС, должна пройти процедуру подтверждения соответствия требованиям ТР ЕАЭС 037/2016.

Действие технического регламента ТР ЕАЭС 037/2016 распространяется на виды продукции, перечисленные в Приложении 1 к документу [100].

1.3.2 Особенности внедрения наилучших доступных технологий в радиоэлектронных и приборостроительных производствах

В Европейском союзе воздействие на окружающую среду от предприятий различных отраслей промышленности регулируется на законодательном уровне с 1996 года. В настоящее время действует Директива IED по интегрированному подходу к контролю, мониторингу и предотвращению загрязнений ОС [124],

предусматривающая выдачу комплексных экологических разрешений предприятиям, демонстрирующим соответствие экологической результативности и ресурсоэффективности параметрам наилучших доступных технологий для соответствующей отрасли.

Понятие наилучших доступных технологий определено в Директиве IED следующим образом: «Наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует о практической пригодности определённых технологий для соблюдения нормативных значений выбросов/сбросов/образования отходов и иных условий разрешений, направленных на предотвращение или, в случае если это неосуществимо, на снижение нагрузки и влияния на окружающую среду в целом».

В указанной Директиве IED речь идёт о технологиях в наиболее широком смысле - совокупности методов, используемых для производства продукции. Следует отметить, что в последнее время при определении НДТ все большее внимание уделяется внедрению и совершенствованию систем управления. Предприятиям практически всех отраслей, подпадающим под действие Директивы IED даны рекомендации по внедрению систем экологического менеджмента (СЭМ).

На Рисунке 1.3.1 представлено определение наилучших доступных технологий, установленное в ЕС и РФ.

Для эффективного информационного обмена с контролирующими органами Директивой IED предусмотрена разработка информационно-технических справочников по НДТ для конкретных отраслей промышленности («вертикальных» справочники) и ИТС общего характера, которые могут использовать для многих видов деятельности, предусмотренных Директивой («горизонтальные» справочники).

В России до 2014 года действовали системы природоохранных разрешений, сформированные на основе распространённого ещё в СССР

дифференцированного подхода к компонентам окружающей среды. Такие системы, как правило, малоэффективны, нередко сложны и противоречивы, недостаточно учитывают принцип защиты окружающей среды в целом и международные рекомендации, в частности.



Рисунок 1.3.1 – Определение термина НДТ

На данный момент в ЕС разработано более 40 ИТС НДТ, включая НДТ для изделий приборостроения и микроэлектроники.

Основным принципом системы являлся принцип решения проблем за счёт установки так называемых средозащитных сооружений (разнообразных технических методов очистки отходящих газов и сточных вод), что есть не что иное, как проявление известного подхода регулирования «на конце трубы». Современные технологические решения, методы «чистого» производства, системы экологического менеджмента при этом, как правило, не учитываются.

Более того, во многих случаях предприятия обязаны разрабатывать отдельную документацию, обосновывающую целевые показатели экологической результативности в рамках развития СЭМ [24], и документацию, обосновывающую условия природоохранных разрешений и планы мероприятий в

рамках этой документации. Это приводило к снижению эффективности производственного экологического контроля и мониторинга, а также, нередко, к отсутствию у персонала предприятия, отвечающего за природоохранную деятельность, рычагов влияния на систему принятия решений о регулировании основных параметров технологического процесса, обуславливающих воздействие на окружающую среду. В соответствии с терминологией международных стандартов ИСО серии 14000, эти параметры носят название «экологических аспектов», которые, собственно, и подлежат управлению в порядке предотвращения загрязнения окружающей среды и повышения экологической результативности.

Такие природоохранные разрешения практически не распространялись на вопросы, связанные с охраной почвы, эффективным использованием ресурсов (энергии, сырья, воды, вспомогательных материалов и пр.), готовностью к чрезвычайным ситуациям, оповещением об авариях, условиями вывода из эксплуатации и т.д. Принципиально важной проблемой являлось отсутствие экономической оценки и технической экспертизы требований природоохранных разрешений.

Большое количество предприятий, которые были обязаны получать разрешения, а также частые изменения в системе распределения обязанностей между регулирующими органами обуславливали высокую административную нагрузку. В зависимости от соблюдения установленных требований, разрешения должны были пересматриваться каждые пять лет, но обычно это происходило чаще, при этом обосновывающая документация каждый раз подлежала обновлению. Таким образом, назрела объективная необходимость к реформированию действующей системы выдачи природоохранных разрешений.

В связи с этим, с 2014 года в РФ началась реализация механизма НДТ путем перехода к новой системе экологического регулирования – технологическому нормированию, основанному на внедрении наилучших доступных технологиях.

При разработке соответствующих изменений в законодательстве РФ предполагает стимулирование компаний и поэтапный переход на НДТ, в отличие от европейского радикального вхождения в новые условия, которое может вызвать у многих компаний шок.

Закон в области защиты окружающей среды [102] определяет необходимость получения промышленными предприятиями комплексного экологического разрешения и разработки технологических нормативов на базе отраслевых НДТ. В соответствии с положениями закона «О промышленной политике в Российской Федерации» [101] включение информации о НДТ в виде информационно-технических справочников в государственную информационную систему промышленности является обязательным условием внедрения НДТ.

Информация из справочников НДТ, применяемых в ЕС, должна быть адаптирована с учетом климатических, экономических и социальных особенностей.

Принципы внедрения НДТ в России

Оказание технической помощи по оценке соответствия (несоответствия) технологического процесса (цикла, производственной операции), технологических нормативов НДТ, в том числе для:

- разработки (подготовки) документов, подтверждающих соответствие (несоответствие) наилучшим доступным техническим методам для получения заключения государственной экологической экспертизы;
- заполнения заявления на получение комплексного природоохранного разрешения.

При оказании технической помощи по оценке и практическому применению наилучших доступных технологий выполняются следующие работы:

- анализ представленной предприятием информации о технологических процессах основного и вспомогательных производств, а также на очистных установках;

- подбор, на основе представленной предприятием исходной информации, и анкеты-вопросника, ИТС Европейского Союза и РФ по НДТ, применимых к хозяйственной деятельности предприятия на языке первоисточника;
- анализ информации о технологических процессах основного и вспомогательного производства, применимых к хозяйственной деятельности предприятия, на основе ИТС Европейского Союза и РФ по НДТ;
- сопоставление результатов анализа и формирование выводов о соответствии/несоответствии имеющегося (проектируемого) технологического процесса (цикла, производственной операции) предприятия НДТ;
- разработка (подготовка) документов, подтверждающих соответствие (несоответствие) НДТ для получения заключения государственной экологической экспертизы [69, 70, 95].

Критерии результативности и мониторинга внедрения системы комплексных экологических разрешений.

Система КЭР предусматривает регулярный контроль установленных требований. Организация такого контроля должна быть детально освещена в новом законодательстве и испытана в пилотных проектах.

При этом должны приниматься к вниманию следующие основные критерии:

- количество заявок на получение комплексных экологических разрешений, которые поступили, и полученных разрешений;
- количество заявок на рассмотрении;
- сроки рассмотрения заявок;
- количество и причины апелляций, мнение общественности;
- соблюдение условий разрешений;
- сокращение показателей промышленного загрязнения, улучшение качества окружающей среды;

- применение НДС и связанные с этим расходы на модернизацию производств;
- административные расходы органов природоохранного регулирования.

Природоохранные органы должны ежегодно отчитываться по результатам мониторинга процесса реформирования системы природоохранного регулирования и внедрения комплексных разрешений.

Список сфер использования НДС, утвержденных в России, диктует обязательность обеспечения нормативов допустимых сбросов и технологических нормативов при производстве продукции, в том числе на предприятиях радиоэлектронной промышленности и приборостроения, на которых применяются технологии обработки поверхностей с использованием электролитических и химических процессов, оказывающие значительное техногенное воздействие на окружающую среду. При этом, существующие на данный момент в России информационно-технические справочники по НДС, не учитывают всей специфики РПП и, следовательно, не применимы для всех типов предприятий радиоэлектроники и приборостроения с целью разработки технологических нормативов.

Информация, необходимая для выбора наилучшей доступной технологии очистки сточных вод сложного химического состава РПП [49] представлена в Приложении А.

В соответствии с вышеизложенными научными результатами диссертационного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Значительная часть предприятий радиоэлектронной промышленности и приборостроения в своей основе применяет экологически опасные технологии. При управлении сложными техническими системами должны использоваться принципы наилучших доступных технологий, такие инструменты как внедрение интегрированных систем менеджмента, включающие энергетические критерии и экологические

аспекты, а также применяться такие специальные методические подходы как оценка жизненного цикла, оценка экологической результативности и энергоэффективности. Для обеспечения экологичности РПП по эколого-технологическим показателям необходима актуализация действующих ИТС по НДТ (Приложение Б) и разработка инструментария интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования ТППК.

2. Имеющиеся программные средства, с учетом специфики рассматриваемых задач, характеризуются функциональной недостаточностью. Это связано с необходимостью обеспечения полноценной совместимости предприятия радиоэлектронной промышленности и приборостроения с эко- и биосферой путем построения детерминированных моделей для неконсервативных загрязняющих веществ, в общем случае. В диссертационном исследовании рассмотрены модели конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ с учетом трансформации специфических для данных отраслей ингредиентов. В качестве интегрального показателя используется величина растворенного в воде кислорода для различных гидрологических режимов, определяемых гидрографом стока, уровнем воды и рядом других характеристик.

Для повышения эффективности решения указанных задач в пределах ТППК бассейнового округа необходимо применение средств имитационного моделирования сложных водохозяйственных систем ТППК с использованием современных геоинформационных технологий и средства визуализации, позволяющих обеспечить совместимость между всеми рассматриваемыми субъектами при требуемом качестве их функционирования со стандартизованными значениями параметров, учитывая различные одновременные экологические влияния

Не смотря на существующие исследования подходов к эколого-технологическому нормированию, в научной литературе и хозяйственной практике ощущается дефицит теоретических разработок и рекомендаций по вопросам обеспечения экологичности производственных систем в рамках территориального природно-производственного комплекса, учета взаимовлияния всех предприятий водопользователей, входящих в этот комплекс.

Объективно сложившийся нормативно-правовой и законодательный уровень информационной сферы, возрастающей сложности государственных, социальных, технических и глобальных проблем, требует значительного повышения степени обоснованности для полноценной совместимости субъектов техносферы (в частности гидросферы) со всеми системами ноосфере при высоком уровне компетентности лиц, принимающих стратегические решения.

Следовательно, можно констатировать установление объективного противоречия между существующей потребностью в научном обосновании и построении единой модели ТППК с научно-методическим инструментарием обеспечения экологичности РПП и значительным несоответствием уровню развития такого инструментария на настоящий момент. Уточнение установленного фактического противоречия дает возможность, основываясь на полученных научных результатах с учетом плодотворно развивающейся информационной сферы и обеспечения полноценной совместимости между основными системами ноосферы, определить актуальность тематики диссертационного исследования в целом, и таким образом, определить задачи работы.

1.4 Формулировка научной проблемы экологического управления РПП, задач исследования в рамках единой концепции ТППК

Обеспечение экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств существенно повышает технико-экономические показатели и

эффективность организационно-технологических решений, конкурентоспособность и эксплуатационную надежность взаимодействия между всеми субъектами территориального природно-производственного комплекса.

Для достижения сформулированной цели исследования необходимо решить крупную научную проблему, заключающуюся в разработке теоретических основ поддержки принятия решений по обеспечению экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств как совокупности научно-методических компонентов разрешения всего комплекса противоречий с одновременным стимулированием повышения уровня компетентности в предметной области организационно-технологического обеспечения конкурентоспособности развития РПП как части техносферы. Высокий уровень полноценной совместимости всех субъектов территориальных природно-производственных комплексов реализуется при минимизации природоемкости производств в пределах выявленной техноемкости и полной экологической емкости территорий. Такой подход позволит преодолевать имеющиеся и вновь возникающие проблемы и обеспечить информационно-организационный процесс на основе целеполагания, информации и организации для дальнейшего устойчивого развития и совместимости всех региональных систем ноосферы на новом межотраслевом уровне управления ТППК.

Применительно для РПП экологическое управление предопределяет его способность качественного, экологически безопасного и эффективного функционирования с необходимым уровнем соизмерения природоемкости производства и техноемкости природных систем. Это позволит научно обосновать и экологически и экономически регламентировать соответствующую хозяйственную деятельность с учетом всех выявленных факторов и сформулированных критериев при тесной связи энергопотребления с природоемкостью производства и загрязнением окружающей среды. Новый уровень экологического управления основывается на необходимости правильной организации взаимодействия лиц с соответствующим уровнем компетентности,

принимающих стратегически важные решения, максимально используя эффект междисциплинарной интеграции и гуманизации информационной среды – информосферы. Последняя, являясь частью техносферы, обладает специфическим информационным содержанием и предназначена для ее передачи, хранения и воздействия на биосферу с помощью соответствующих технических средств – носителей информации.

Созданная база знаний для регионально-бассейнового ТППК синтезируется в определенные структуры, позволяя повысить уровень организации и активного взаимодействия и совместимости био-эко-техно- и информосферы на основе информационной базы данных, целеполагания и структурной организации при их одновременном взаимодействии. При формулировании целевой функции для ТППК, включая и РПП, обосновываются пространственно-временные показатели всей необходимой информации для разработки геоинформационной модели, позволяющей перейти на новый уровень организации с обеспечением устойчивости, т.е. способности указанных систем сохранять требуемое качество функционирования всей системы экологического управления при воздействии всех источников со стандартизованными значениями параметров биосферы и экосферы на равных основаниях с техносферой и учитывая другие одновременные экологические влияния (по времени, величине, частоте и их вариациям). По мере усложнения структуры организации ТППК, включая и РПП, возрастает роль информационного взаимодействия между различными системами.

В первую очередь это относится к недостаточной изученности проблемы организации информационно-технологической обеспеченности экологичности РПП на урбанизированных территориях на бассейновом и межотраслевом уровнях в соответствии с действующим природоохранным законодательством и программой развития РПП. До настоящего времени отсутствует методология оценки многофакторного антропогенного воздействия РПП на био- и экосистему при одновременном взаимодействии с различными системами и элементами

техносферы. Решение обозначенной крупной проблемы выходит далеко за рамки информационной экологии и требует предметно-ориентированного формирования информосферы на системном уровне взаимодействия человека со всеми системами ноосферы для нового технологического развития и стандартизации.

В научной литературе и хозяйственной практике ощущается дефицит теоретических разработок и рекомендаций по вопросам обеспечения экологичности производственных систем в рамках территориального природно-технического комплекса, учета взаимовлияния всех предприятий водопользователей, входящих в этот комплекс [1, 7, 15, 20, 32, 34, 46, 52, 59, 61, 68, 81, 98, 102, 107].

Недостаточная проработанность указанной проблемы предопределяет необходимость постановки исследовательских задач и проведения исследований научно-методологических и организационно-технологических принципов.

Таким образом, тема диссертационного исследования нацелена на решение проблемы преодоления объективного противоречия в научном обосновании и построении единой модели ТППК с научно-методическим инструментарием информационной экологии и метрологического обеспечения экологичности РПП и существенным несоответствием уровня развития этого инструментария в настоящий момент в части совместимости между различными системами.

В соответствии с отмеченным выше сформулированы основная научная гипотеза настоящей диссертации и научная проблема, определяемая в диссертационном исследовании.

Формулировка научной проблемы заключается в создании новой методологии, методов и программно-технических средств гармонизации развития радиоэлектронных и приборостроительных производств с минимальной природоемкостью, на основе наилучших доступных технологий, во взаимосвязи с экологической техноемкостью территории, позволяющим соизмерить производственный и природный потенциалы с полноценной ноосферной

совместимостью между системами биосферы, экосферы и техносферы, на базе применения современных геоинформационных технологий, создаваемых баз данных и баз информосферных знаний.

Основная гипотеза исследования заключается в том, что предлагаемая научно обоснованная концепция и апробированные программно-технические средства эколого-технологической оптимизации для РПП, методы оценки и прогнозирования организационно-технологического обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств, не смотря на отсутствие в настоящее время российских отраслевых справочников НДТ, позволит вписаться в межотраслевые регионально-бассейновые программы с обоснованием необходимых квот отраслевой нагрузки и обеспечением всех требований природоохранного законодательства и тем самым обеспечить программу развития отрасли в настоящее время и на перспективу.

Алгоритм реализации решаемой научной проблемы включает семь основных этапов логически связанных задач диссертационного исследования:

1. Разработать концепцию обеспечения экологичности РПП по эколого-технологическим показателям в рамках ТППК.
2. Разработать метод гармонизации технологических и экологических нормативов для РПП на основе геоинформационных технологий.
3. Разработать и усовершенствовать инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в ТППК путем соизмерения природоемкости отраслевого производства с техноемкостью природных экосистем.
4. Разработать методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования параметров эколого-технологического управления ТППК.
5. Разработать метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с учетом их уровня экологичности и достижения заданных

экологических показателей природной системы с применением геоинформационной онлайн-системы.

6. Разработать информационно-алгоритмическое обеспечение нормирования нагрузки от РПП в едином пространственном территориальном природно-производственном комплексе.
7. Разработать метод формирования внутриотраслевых региональных (бассейновых) взаимоотношений водопользователей ТППК.

Таким образом, методологический аппарат обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств содержит базу данных, объединяющую подсистему разного пространственного, временного и функционального характера, систему моделей ТППК, адаптированных к отраслевым и межотраслевым бассейновым комплексам с ориентацией на мезомасштаб, которые являются научными результатами и положениями данного диссертационного исследования, которые выносятся на защиту:

1. Концепция обеспечения экологичности РПП на основе эколого-технологической и территориальной природно-климатической дифференциации, и межотраслевого бассейнового синтеза путей ее реализации.
2. Метод гармонизации технологических и экологических нормативов для предприятий радиоэлектроники и приборостроения на геоинформационной основе с применением объединенной базы данных территориального природно-производственного комплекса.
3. Инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в ТППК на уровне основного производства, очистных сооружений и процессов жизненного цикла производства.
4. Методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического управления

ТППК с применением программного обеспечения ArcView GIS и программного продукта «ГИС-ТППК».

5. Метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с учетом их уровня экологичности и достижения заданных экологических показателей природной системы с применением геоинформационной онлайн-системы.
6. Информационно-алгоритмическое обеспечение нормирования нагрузки от РПП в едином пространственном природно-производственном комплексе.
7. Метод формирования внутриотраслевых региональных взаимоотношений всех водопользователей ТППК.

Последовательное, логически связанное и детализированное представление диссертационной работы позволяет сфокусировать внимание на основных положениях и научных результатах, выносимых на защиту.

1.5 Выводы по первой главе

1. Значительная часть предприятий радиоэлектронной промышленности и приборостроения в своей основе применяет экологически опасные технологии. При управлении сложными техническими системами должны использоваться принципы наилучших доступных технологий, такие инструменты как внедрение интегрированных систем менеджмента, включающие энергетические критерии и экологические аспекты, а также применяться такие специальные методические подходы как оценка жизненного цикла, оценка экологической результативности и энергоэффективности. Для обеспечения экологичности РПП по эколого-технологическим показателям необходима актуализация действующих ИТС по НДТ и разработка новых отраслевых ИТС с обеспечением критериев экологичности, а также инструментария интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования ТППК.

2. При выборе НДТ по изготовлению различных видов продукции РПП с целью сокращения негативного воздействия со стороны как основных, так и вспомогательных производственных процессов следует руководствоваться следующими критериями, установленными международными и национальными нормативно-правовыми документами:

- внедрение локальных систем очистки и регенерации электролитов, промывочной воды, а также замкнутого цикла водооборота с повторным использованием очищенных производственных сточных вод;
- уменьшение количества и токсичности загрязняющих веществ в составе производственных стоков;
- применение новейших технологических приборов и высокоэкологичного оборудования;
- компьютеризация, автоматизация и роботизация основных и вспомогательных технологических процессов.

Выбор и обоснование НДТ по предложенным критериям позволит предприятиям приборостроения и радиоэлектроники более рационально выстраивать концепцию своего перспективного развития, принимать эффективные управленческие решения при модернизации и/или реконструкции производственных процессов, обеспечить экологичность и повысить энергосбережение, с учетом использования новых растворов и добавок отечественного производства.

3. Моделирование процессов промышленного производства и поэтапной оценки его воздействия на окружающую среду с использованием методологии оценки жизненного цикла позволяет оценить экологическую устойчивость производственных систем, гармонизированных и взаимодействующих друг с другом в едином ТППК с целью стандартизации данных по нагрузке каждого предприятия, обеспечивая полноценную совместимость с окружающей средой. Для проведения ОЖЦ электронных устройств, таких как полупроводниковые приборы и микросхемы,

целесообразно использование методологии, основанной на атрибутивных моделях. Предложенная методология жизненного цикла применима к большинству видов продукции РПП, так как включает практически всю номенклатуру компонентов для производства широкого перечня сложных электронных устройств и систем электро-электроносферы.

4. Совместимость основных производственных характеристик РПП с региональными экологическими стандартами на базе новых методологических принципах эколого-технологического бассейнового нормирования основывается на геоинформационных математических моделях, объединяющих природные объекты и производственные комплексы. Применяемые методы количественного интегрального оценивания и анализа контролируемых показателей при совместном воздействии совокупности природно-техногенные процессов позволяют учесть основные факторы производственно-технологических характеристик и параметры объектов гидросферы в едином информационном формате информосферы и обосновать для каждого производства электро-электроносферы нормативы допустимого воздействия как части систем ноосферы.
5. Имеющиеся программные средства, с учетом специфики рассматриваемых в информосфере задач совместимости био-, эко- и техносферы, характеризуются функциональной недостаточностью совместимости эко- и техносферы. Нормирование нагрузки для сложных водохозяйственных систем эко- и техносферы связано с необходимостью построения детерминированных математических моделей формирования качества воды в гидросфере, включая расчет трансформации специфических загрязняющих веществ при различных гидрологических параметрах и кислородном режиме. Оценка параметров моделей КДПиПВ необходима для исследуемых ТППК в пределах отдельных водохозяйственных участков и взаимовлиянии всех субъектов. Основными средствами имитационного

моделирования сложных водохозяйственных систем для обоснования принятия управленческих решений по распределению НДС в пределах ТППК бассейнового округа являются современные геоинформационные технологии и средства визуализации со специфическим информационным содержанием для их передачи, хранения, оценки воздействия на гидросферу.

6. Не смотря, на существующие исследования подходов к эколого-технологическому нормированию, в научной литературе и хозяйственной практике ощущается дефицит теоретических разработок и рекомендаций по вопросам обеспечения экологичности производственных систем в рамках территориального природно-производственного комплекса, учета взаимовлияния всех предприятий водопользователей, входящих в этот комплекс на межотраслевом информационно-управленческом уровне.
7. Тема диссертационного исследования нацелена на решение проблемы преодоления объективного противоречия в научном обосновании и построении единой модели ТППК с научно-методическим инструментарием информационной экологии и метрологического обеспечения экологичности РПП и существенным несоответствием уровня развития этого инструментария в настоящий момент в части совместимости между различными системами.
8. Научный характер данного диссертационного исследования определяется и обосновывается междисциплинарным и межотраслевым подходом к обеспечению экологичности РПП ТППК:
 - разработкой новой методологии, основанной на реализации методов и программно-технических средствах геоинформационного моделирования нового поколения, позволяющей на принципиально новой основе решать инженерные задачи полноценной совместимости систем био-, эко- и техносферы применительно к исследуемым ТППК;

- разработкой метода гармонизации технологических и экологических нормативов для РПП на основе нового информационного содержания электро-электросферы при взаимодействии с гидросферой средствами информационной экологии в масштабах информосферы как части техносферы;
- разработкой метода перераспределения техногенной нагрузки для взаимовлияющих субъектов ТППК с обеспечением экологических стандартов самих объектов гидросферы;
- разработкой информационно-алгоритмического обеспечения комбинированного межотраслевого нормирования антропогенной нагрузки по заданным критериям регионально-бассейнового уровня.

9. Методологический аппарат обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств представляет собой следующие результаты научных исследований и положения настоящей диссертационной работы, выносимые на защиту:

- концепция обеспечения экологичности РПП на основе эколого-технологической и территориальной природно-климатической дифференциации, и межотраслевого бассейнового синтеза путей ее реализации;
- метод гармонизации технологических и экологических нормативов для предприятий радиоэлектроники и приборостроения на геоинформационной основе с применением объединенной базы данных территориального природно-производственного комплекса;
- инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в ТППК на уровне основного производства, очистных сооружений и процессов жизненного цикла производства;
- методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического

- управления ТППК с применением программного обеспечения *ArcViewGIS* и программного продукта «ГИС-ТППК»;
- метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с учетом их уровня экологичности и достижения заданных экологических показателей природной системы с применением геоинформационной онлайн-системы;
 - информационно-алгоритмическое обеспечение нормирования нагрузки от РПП в едином пространственном природно-производственном комплексе;
 - метод формирования внутриотраслевых региональных взаимоотношений всех водопользователей ТППК.

Приведенные выше компоненты методологического инструментария обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств представляют собой результаты научных исследований настоящего диссертации.

10. Предложенный инструментарий обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств наиболее эффективно использовать при разработке технико-экономического обоснования квот допустимой нагрузки на водный объект и вариантов перераспределения квот допустимых сбросов для группы предприятий ТППК в пределах отдельных водохозяйственных участков, а также при принятии организационно-технологических решений, с целью повышения конкурентоспособности и эксплуатационной надежности взаимодействия между всеми субъектами территориального природно-производственного комплекса.

Глава 2. Разработка методологических основ экологического управления РПП в рамках ТППК на основе регламентирующих норм и прав

2.1 Анализ современных методов обеспечения экологичности РПП в рамках ТППК

2.1.1 Определение задач экологического управления территориальными природно-производственными комплексами

Для обеспечения эффективности защиты окружающей природной среды, обеспечения техносферной и экологической безопасности и рационального использования природных ресурсов в ТППК необходимо создание системы менеджмента со своей структурой и механизмом взаимодействия ее элементов – *управляющих субъектов* – в лице государственных природоохранных органов, экологических служб и организаций, а также *объектов управления*. К последним относятся: качество окружающей среды, деятельность природопользователей (юридических лиц, граждан), а также состояние их защищенности от неблагоприятных техногенных воздействий.

Система экологического менеджмента (СЭМ) (в соответствии со стандартом ИСО 14001) является частью общей системы менеджмента организации, направленной на управление экологическими аспектами, выполнение обязательств соблюдения и учет рисков и возможностей [23].

Одним из видов экологического менеджмента является экологический маркетинг, который можно определить, как управление производственной деятельностью на рынке природоохранных услуг и технологий, а также как часть «зеленого» предпринимательства. Экологический маркетинг предусматривает следующие направления: исследования рынка природоохранного оборудования и услуг, а также возможности для улучшения их качества; совершенствование технологий в области экологии в зависимости от потребностей «зеленого» рынка;

организацию рекламы «зеленой» продукции, ценообразование, меры по стимулированию продаж и др.

Экологическое управление осуществляется на двух уровнях: государства (в лице субъектов – государственных органов управления окружающей средой) и организаций (межфирменный – в рамках предпринимательских ассоциаций и внутрифирменный, в т. ч. производственный). Эта структура основывается на методах правовой защиты и государственного административного регулирования, это так называемые методы управления окружающей средой (экологического менеджмента) [10, 11].

Методы экологического менеджмента структурно изображены на Рисунке 2.1.1.



Рисунок 2.1.1 - Структура методов экологического менеджмента.

Примеры методов экологического менеджмента представлены в Таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – Методы экологического управления

Информационные	Административные	Экономические	Смешанные
<ul style="list-style-type: none"> - мониторинг окружающей среды - экологический учет - исследования - экореклама - образование - пропаганда - прогнозирование 	<ul style="list-style-type: none"> - нормирование - экостандарты - экологические программы - планирование - экологическое лицензирование - экологическая сертификация - экологический контроль - экологический аудит 	<ul style="list-style-type: none"> - инвестиции - зачеты платежей - кредиты - льготные займы - налоги - платежи - штрафы 	<ul style="list-style-type: none"> - обязательное экологическое страхование - создание экологических фондов - запреты работ - приостановка лицензии - арест нарушителя

В первой главе диссертационного исследования определено, что для экологически сбалансированного развития ТППК и обеспечения экологичности, расположенных в нем производственных систем необходимо повышение эффективности прогнозирования, нормирования и оценки воздействия на окружающую среду всех субъектов ТППК в условиях неопределенности происходящих в них процессов, событий, условий, элементов.

Гидрологические прогнозы – предсказание режима вод, основанное на методах научного анализа и обобщения изменений отдельных элементов изучаемого объекта (уровней, расходов, температуры, химического состава и т.д.), агрометеорологические прогнозы – предвидение изменения гидрологических, метеорологических, климатических и других агрометеорологических условий в области, крае, республике, прогноз погоды – предвидение погоды, основанное на знании закономерностей развития атмосферных и синоптических процессов на рассматриваемой территории.

В прогнозах дается качественная или количественная характеристика предсказываемого явления и время его наступления в определенном пункте или районе.

Прогнозирующей системой называют систему с математическими, логическими, эвристическими элементами, на вход которой поступает

информация о прогнозируемом объекте, имеющаяся к данному моменту времени, а на выходе дается прогноз, т. е. данные о будущем состоянии этого объекта.

Прогнозирование опирается на результаты наблюдений, проведенных в *интервале 2* наблюдения за процессом (Рисунок 2.1.2), и служит для вычисления величины процесса в будущем в упрежденной точке T .

Прогноз определяется исходной информацией, использованной при разработке прогноза, методом, которым он получен, точностью и достоверностью результата.

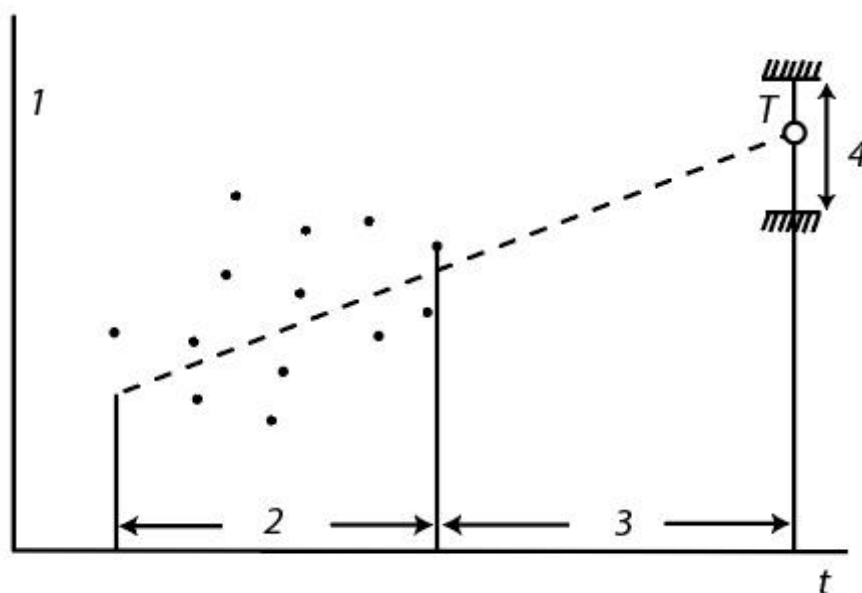


Рисунок 2.1.2 - К определению понятия количественного прогноза.

1 – значение характеристики прогноза; 2 – интервал наблюдения;

3 – интервал упреждения; 4 – интервальный прогноз;

T – точечный прогноз

Как и любое исследование, разработка прогноза основывается на изучении объекта исследования, его прошлого, на построении модели, описании процесса развития объекта.

Прогнозирование является важной составной частью системы планирования и управления. Оно вызвано тем обстоятельством, что будущее ряда процессов и явлений нам неизвестно, и что эти процессы и явления имеют большое значение для принимаемых решений в настоящий момент. В прогнозе социально-экономического развития России до 2030 года подчеркивается необходимость обеспечения экологически ориентированного развития производств путем снижения техногенной нагрузки на окружающую среду от всех антропогенных источников различных категорий [81].

В сфере управления состоянием водного объекта важнейшее значение имеют программа и план работы, поскольку через них представляется собой краткое изложение целей и задач прогноза и средств их осуществления. Для программы характерны систематичность и последовательность расположения изучаемого материала, основанные на единстве теории и практики. Такое единство позволяет правильно понять сущность изучаемых явлений и эффективно применять их в практической деятельности по заранее составленному плану [26].

Экологическое управление водными системами в условиях неопределенности предопределяет необходимость составления комплексных прогнозов воздействия на окружающую среду [2].

Гидрологические речные бассейны представляют собой очень неоднородные системы связанных естественных водотоков и антропогенной нагрузки на водные объекты, включая трансграничное влияние.

Задача по сокращению нагрузки на водные ресурсы требует четкого рассмотрения неопределенностей в отношении источников загрязнения, влияния подземных и грунтовых на качество поверхностных вод, а также водоохраных и водохозяйственных мероприятий. Эффективное экологическое управление водными системами ТППК должно учитывать все воздействие всех источников (сельскохозяйственных, промышленных, коммунальных систем), а не только на дискретные источники воздействия на окружающую среду [78-80].

В качестве примера типовой задачи экологического прогнозирования рассмотрим регион R с озером O и лесным массивом L (водную и лесную экосистемы). В озере обитают k видов гидробионтов (водорослей, рыб, рачков и т. д.). Видовой состав лесной экосистемы представлен N_k известными нам породами деревьев, видами грибов, ягод и т. п. Состояние биоты («живой» части экосистем) региона выразим векторной функцией y времени t :

$$y_i(t) = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_k(t), y_{k+1}(t), \dots, y_N(t)], \quad (2.1.1.)$$

где $y_i(t)$ – численность (или плотность) в момент времени (t) соответствующего вида гидробионтов при $i < k$ и вида из лесной экосистемы при $i > k$.

Если в устойчивых экосистемах изменение плотности большинства видов несущественно, то вектор-функцию $y(t)$ можно считать постоянной: $z_i(i) = \text{const}$. В общем случае состояние биоты характеризуют во времени некоторым колебательным процессом изменения плотности массы, численности каждого вида.

Предположение состоит в то, что планирующими органами рассматривается проект строительства в регионе R предприятия-природопользователя A установленной производительности, функционирование которого будет сопровождаться выбросами в атмосферу загрязняющего вещества i и сбросом вещества в озеро. Такое положение возникает всегда, так как несмотря на применение высокоэффективного очистительного оборудования небольшой объем сбросов/отходов производства попадает в окружающую среду. Вот почему постановка и решение задачи поиска оптимальных решений антропогенных факторов приобретает в настоящее время большое значение.

Функционирование предприятия A вызовет в природных средах региона R ряд изменений: изменится концентрация C веществ i в атмосфере и в водном объекте. Таким образом, работа нового предприятия приводит к трансформации абиотических показателей ОС. В компонентах окружающей среды возникает поле

концентраций загрязняющих веществ, выбрасываемых/сбрасываемых предприятием A .

Если вещества i и j и раньше присутствовали в природных средах, то работа нового предприятия изменит их первоначальные концентрации, что приведет к количественным и качественным изменениям в биоте экосистемы региона. Например, если предприятие выбрасывает в атмосферу диоксид серы SO_2 , а в лесной экосистеме присутствует сосна, то возрастание концентрации SO_2 в атмосфере приведет к снижению годового прироста древесины и всей биомассы.

Изменение поля концентраций химических элементов в воде вызовет также качественные изменения в экосистемах. Примером таких изменений является эвтрофикация.

Каждому температурному, световому, гидрологическому режиму, концентрациям химических веществ и другим параметрам, сложившимся в природных средах, соответствует состояние биоты экосистемы, близкое к равновесному и характеризующееся определенным видовым составом и плотностями (или численностями) биологических видов. При изменении состояния абиотической среды, например, при изменении поля концентрации некоторого вещества, равновесное состояние биоты экосистемы нарушается, и биота стремится к новому равновесию, соответствующему новому состоянию абиотической среды.

Таким образом, задача экологического прогнозирования в рассматриваемом случае состоит из двух частей [85]:

- 1) по количеству выбросов предприятия или сельскохозяйственных стоков $V = (a, b)$ определить поле концентрации C загрязняющего вещества;
- 2) по полю концентрации выявить новый уровень устойчивости экосистемы.

Один из возможных вариантов схемы принятия решения построен на интуитивном сравнении выгод от функционирования предприятий и затрат вследствие изменения состояния окружающей среды. Например, имеется

некоторый критерий Q , с помощью которого оценивается полезность функционирования сельскохозяйственных угодий проектируемых предприятий, а также степень полезности одного состояния экосистемы по сравнению с другим. При определении критерия Q учитываются экономические, социологические, политические, эстетические и другие аспекты.

Пусть Q_n – полезность функционирования сельскохозяйственных угодий и проектируемого предприятия. Планируемый выброс загрязняющих веществ $V(a, b)$ определит поле концентрации этих веществ в воде, почве, атмосфере, которому соответствует новая степень устойчивости, отличающаяся от первоначальной (Y_0), в этом случае приращение e полезности устойчивости экосистемы будет равно:

$$e = Q(Y) - Q(Y_0) \quad (2.1.2)$$

Если общая полезность функционирования сельскохозяйственных угодий и проектируемого предприятия:

$$Q = Q_n = e \quad (2.1.3)$$

больше нуля, то принимается решение эксплуатировать сельхозугодия и строить предприятие, а если отрицательная – улучшить эксплуатацию сельскохозяйственных угодий и не строить предприятие.

2.1.2 Основы системного анализа и моделирования территориальных природно-производственных комплексов

Наиболее наглядно при решении экологических задач в последние годы проявилась роль системного анализа и математических моделей. Системный подход обусловлен новыми принципами исследования, которые ориентированы на изучение специфических характеристик сложноорганизованных объектов.

Этот подход позволяет построить целостную картину объекта.

Проектирование системы управления и управляемых сооружений как единой системы производится с помощью системного подхода. В процессе

разработки новых сооружений можно добиться лучшего соотношения усилий и затрат на проектирование и эксплуатацию систем управления этими сооружениями. Эта дополнительная степень свободы дает возможность модификации системы управления и самого предприятия с целью улучшения его функционирования, что является одним из основных отличий системного подхода от традиционного подхода техники управления.

Рассмотрим применение системного анализа при изучении, проектировании и эксплуатации очистных сооружений. Наглядным примером является комплекс биологической очистки, в котором необходимо определить функциональную связь между аэрационным бассейном и вторичным отстойником (элементами системы). Биологические процессы очистки сточных вод различны, но все они основаны на принципах микробиологии. При изучении систем очистки и управления эффективно используются математическое моделирование, имитационное моделирование, анализ функций отклика, теория управления и методы оптимизации.

Для лучшего понимания различных систем могут быть применены некоторые универсальные характеристики. С целью улучшения динамического поведения очистных сооружений применяются системы управления.

В настоящее время имеется много видов систем управления качеством воды. Для того чтобы изучать, разрабатывать или эксплуатировать такие системы, необходимо выделить их границы.

При технико-экономической оптимизации системы входы, слабо влияющие на работу системы, не учитываются.

Для ряда систем, требующих управления качеством воды речного бассейна, например, систем промышленного, коммунального водоснабжения и водоотведения, типичными входами могут быть: межбассейновый перенос воды или стоков, приток морской воды в эстуарий или из него при приливах и отливах, сезонные изменения температуры, изменение содержания кислорода в воде за счет фотосинтеза или окисления органических веществ и др. Чтобы понять,

удовлетворяет ли система поставленным задачам, необходимо определить выходы системы. Так, выход подсистемы «река» может служить входом для системы питьевого или промышленного водоснабжения, которое может обеспечить обратную связь в виде входа для подсистемы «водоотведение».

В системах управления качеством воды численные значения выходов, (например, биохимическая потребность кислорода (БПК), содержание взвешенных веществ, растворенного кислорода (РК), солей, специфических ингредиентов) регламентируются соответствующими правилами. Необходимо знать природу и скорость изменений, происходящих в окружении системы и на ее входах и выходах (Рисунок 2.1.3).

Входы и выходы могут разделяться на управляемые и неуправляемые.

К критериям оценки качества системы относятся стандарт функционирования, стоимость, надежность, гибкость системы, «функциональное» время, быстрота и простота обслуживания.

При оценке системы стандарт функционирования наиболее важен. Для определения характеристик функционирования системы используют физические или математические модели и опыт эксплуатации аналогичных систем, в результате которых разрабатывают требования к функционированию систем. Например, функционирование системы управления качеством воды речного бассейна должно быть таким, чтобы концентрация растворенного в воде кислорода превышала 4 мг/л или чтобы уменьшение БПК на очистных сооружениях было не менее 85 %. Большой недостаток таких стандартов – их жесткость. Поэтому более совершенным является стандарт, допускающий вариабельность.

Для оценки стоимости разрабатывается экономическая модель, включающая факторы конструирования системы, стоимость ее строительства и эксплуатации.

Большое внимание должно уделяться надежности обеспечения входных параметров очистных сооружений, так как до настоящего времени проектные характеристики не обеспечиваются в режиме эксплуатации.

Известно, что существуют сильные взаимосвязи между надежностью работы системы, ее функционированием и стоимостью. Во избежание отказов можно предусмотреть дублирующие блоки, но это повысит стоимость системы. Для очистных сооружений, сбрасывающих очищенные стоки в реку с малыми расходами, но обладающую дополнительными ассимилирующими способностями (т. е. способностями разложения большого числа компонентов, содержащихся в твердых и жидких отходах), требуется повышенная степень надежности, которой можно достичь в процессе проектирования очистных сооружений и при помощи улучшения их эксплуатации. При питьевом водоснабжении особое внимание следует уделять надежности обеззараживания воды.

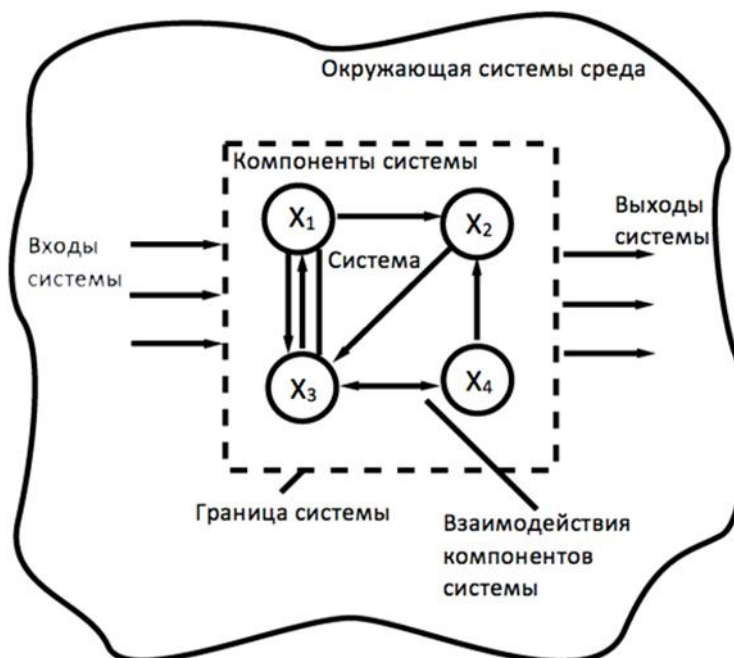


Рисунок 2.1.3 - Общее понятие системы

Системы управления должны быть достаточно гибкими, легко приспосабливаться к изменяющимся во времени условиям. Характеристикой «функционального» времени системы служит время обработки сточных вод, отнесенное к единице мощности установки. Существует время, необходимое для создания системы, и время для осуществления системой своих целей.

Установление расчетных периодов работы системы связано с большой неопределенностью, так как оно может быть увязано, например, с будущими проектами развития бассейна реки, оценками роста городского населения, увеличением промышленного производства, развитием посевных площадей, возрастанием роли мелиорации и химизации в сельскохозяйственном производстве и т. д.

Быстрота и простота обслуживания системы имеют важное значение. Между надежностью и требованиями к обслуживанию существует тесная связь. Более надежные системы требуют меньшего ухода, а улучшение обслуживания повышает надежность работы системы. Речные станции (стационарные и передвижные) для дистанционного наблюдения должны быть высоконадежны в работе и легко обслуживаться.

В системах управления качеством воды численные значения выходов (содержание взвешенных веществ, величина биохимического потребления кислорода (БПК), растворенный кислород (РК) и различные специфические ингредиенты) регламентируется соответствующими правилами.

Выход подсистемы «река» может служить сильным выходным воздействием для системы питьевого или промышленного водоснабжения, которое может обеспечить обратную связь в виде входного воздействия на подсистему «водоотведение».

Рассмотрим некоторые критерии оценки качества системы.

1. Функционирование. С этой целью могут быть использованы как физические, так и математические модели, а также опыт эксплуатации аналогичных систем. В соответствии с правилами водоохраны разрабатываются

требования к функционированию систем. Например, функционирование системы управления качеством воды речного бассейна должно быть таким, чтобы концентрация растворенного кислорода в воде превышала 4(6) мг/л, или изменение биологического потребления кислорода на очистных сооружениях было больше или равно 85 %.

Одним из недостатков таких фиксированных стандартов является то, что они не принимают во внимание присущей как системе, так и окружающей среде изменчивости параметров.

Более эффективным является стандарт, который допускает определенную вариабельность наблюдаемых результатов.

2. Стоимость.

3. Надежность. При проектировании очистных сооружений надежности систем ранее не уделялось достаточного внимания. Существуют сильные взаимосвязи между надежностью, функционированием и стоимостью. Для очистных сооружений, сбрасывающих свои стоки в реку, не обладающую дополнительными ассимилирующими возможностями, требуется большая степень надежности, чем для сооружений, стоки которых попадают в реку, способную ассимилировать значительные количества избыточных загрязнений.

Эта дополнительная надежность может быть достигнута как в процессе проектирования установок, так и при помощи улучшения их эксплуатации. Одной из систем, при разработке которой огромное внимание уделяется надежности, является система хлорирования воды, для коммунального водоснабжения, где любой срыв может иметь катастрофические последствия.

4. Время. Характеристикой «функционального» времени системы служит время обработки сточных вод, отнесенное к единице мощности установки. Имеется понятие времени, необходимого для создания системы, а также времени требуемого самой системе для осуществления ее целей. Установление расчетных периодов работы сопряжено с большей неопределенностью, так как оно может

быть связано, например, с будущими проектами развития бассейна реки или оценками будущего городского населения.

5. Требования к обслуживанию. Стационарные и передвижные станции для дистанционного наблюдения на различных участках реки должны быть очень надежными и легко обслуживаемыми.

6. Гибкость. Системы управления должны быть достаточно гибкими для приспособления к изменяющимся со временем условиям. Приведенные выше факторы при различной их комбинации по некоторому обобщенному критерию позволяют оптимизировать систему. Результаты оптимизации могут использоваться как для уже существующих систем, так и для сравнения альтернативных проектов новых систем. Системы управления являются дешевым средством улучшения функционирования очистных сооружений (Рисунок 2.1.4), поэтому необходимо уделять им больше внимания как при проектировании новых, так и при эксплуатации существующих сооружений.

При разработке новых сооружений можно добиться лучшего соотношения усилий и затрат, отводимых на проектирование самих сооружений, с одной стороны, и системы управления этими сооружениями, с другой стороны. При системном подходе производится проектирование управляемых сооружений и систем управления как единой составной системы. Это дополнительная степень свободы, дающая возможность модификации и системы управления, и самого предприятия с целью улучшения его функционирования, является одним из основных отличий между подходом традиционной техники управления и системным подходом.

Общая характеристика управляемого водоохранного комплекса

Приведенные критерии в различных комбинациях позволяют оптимизировать систему по некоторому обобщенному критерию.

Результаты такой оптимизации можно использовать как для существующих систем, так и для сравнения альтернативных проектов новых систем.

При разработке водоохранных мероприятий (ВМ) вопросы оптимизации имеют важнейшее значение. Так, для достижения намеченной цели можно решить задачу по определению минимума средств, расходуемых на ВМ, или по определению максимального эффекта при заданных затратах.

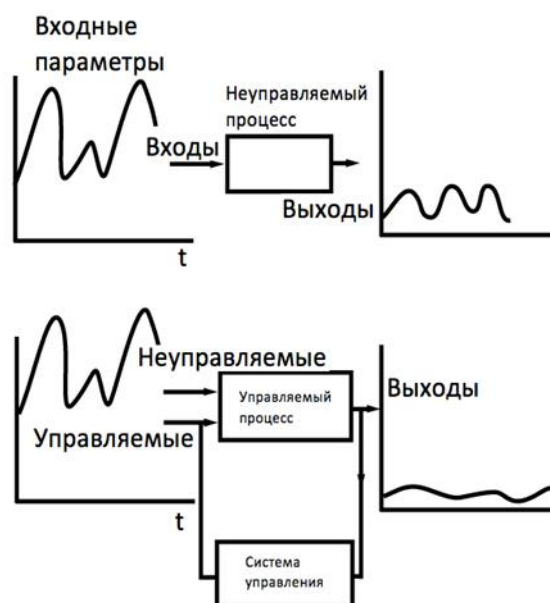


Рисунок 2.1.4 - Изменяющиеся во времени входные и выходные параметры управляемых и неуправляемых процессов

В водных объектах наблюдаются значительные колебания во времени по массовому расходу, что в большинстве случаев характерно и для поступающих в них стоков. Это приводит к необходимости для соблюдения норм качества воды синхронизации массоотведения в водный объект с его ассимилирующей способностью.

Выполненные уже в настоящее время расчеты показывают, что для целого ряда районов оптимальными являются расчетные обеспеченности гораздо более низкие, чем применяемые обычно в проектировании.

В периоды, когда бывает мало воды, одной из важнейших задач становится организация оптимального управления распределением водных ресурсов.

Такое управление может быть осуществлено лишь при создании автоматизированных систем управления водораспределением.

В процессе распределения и использования водных ресурсов при орошении взаимодействуют предприятия сельского и водного хозяйства, объединенные общей целью производством растениеводческой продукции.

Обладая определенной ассимилирующей способностью, водоток или водоем может служить приемником возвратных вод оросительных систем, сточных вод с городских и сельских территорий, ливневой канализации атмосферных осадков, очищенных стоков населенных пунктов, животноводческих комплексов, промышленных предприятий и т. д. Сток (расход) водных объектов и их ассимилирующая способность сильно изменяются во времени, поэтому для соблюдения норм качества воды необходимо учитывать режим сброса сточных вод.

Расчеты показывают, что для ряда районов оптимальными являются расчетные обеспеченности, значительно более низкие, чем применяемые обычно в проектировании. В маловодные годы важнейшей задачей является организация оптимального управления распределением водных ресурсов, которое можно осуществлять лишь при создании автоматизированных систем управления водораспределением.

В распределении и использовании водных ресурсов для орошения взаимодействующие предприятия сельского и водного хозяйства объединены общей целью – производством сельскохозяйственной продукции, а в общем случае ВХК представляет собой комплексную систему мероприятий, осуществляемых в интересах подавляющего большинства отраслей народного хозяйства – сельского, лесного, рыбного, коммунального, промышленности, энергетики, транспорта и т. д.

Требования, выдвигаемые различными отраслями народного хозяйства, обуславливают режимы водохозяйственной системы.

Более полному удовлетворению требований способствует внутригодовое и многолетнее регулирование стока рек, которое решается созданием каскада водохранилищ. При составлении ВХК необходимо иметь данные о количестве и качестве поверхностного и подземного стока, учитывать интересы водопотребителей и водопользователей по количеству и качеству воды, увязывать требования отдельных участников ВХК.

Эффективность функционирования ВХК по экономическим и экологическим критериям зависит от расчетных временных интервалов. Для повышения эффективности функционирования ВХК задача управления качеством воды на нижнем уровне (до года) решается в реальном масштабе времени (сутки, неделя, месяц) или с разбивкой на сезоны (весеннее половодье, осенние паводки, летняя и зимняя межени). Экономический критерий такого управления определяется как минимум нежелательных отклонений состава и свойств речной воды от нормативных требований или как максимально возможная стабилизация качества воды. За экономический критерий управления принимается обеспечение максимально возможного использования ассимилирующей способности водного объекта для приема тех остаточных (после первичной и вторичной очистки) концентраций примесей, удаление которых из сточных вод методами глубокой (третичной) очистки экономически нецелесообразно.

Управление водным хозяйством должно базироваться на принципе интегрального управления водными ресурсами, их использования и охраны. Этот принцип заключается в рассмотрении водных ресурсов по бассейну в целом. В отдельных случаях требуется учет межбассейновых особенностей и связей. Любой водохозяйственный объект (водохранилище, водозаборное сооружение, рассеивающий выпуск сточных вод и т. п.), созданный в речном бассейне, сказывается на режиме реки выше и ниже возведенных сооружений.

Требования водопотребителей к качеству воды различны и зависят от функций, которые выполняет вода при ее использовании.

Наиболее высокие требования к качеству воды предъявляются при использовании ее для питьевых целей и рыбоводства. Не предъявляют каких-либо серьезных требований к качеству воды такие водопользователи, как водный транспорт, гидроэнергетика. Понятие «водопотребление» и «водопользование» включают наряду с требованием качества воды такое важное требование, как надежность водообеспечения. Количество воды, используемой в конкретном пункте водного объекта, определяется расходом расчетной обеспеченности p , выражаемым в процентах, по числу лет, в течение которых потребители воды удовлетворяются полностью и без перебоев. Наиболее высокие требования к надежности водообеспечения предъявляют системы водоснабжения населенных пунктов, промышленных и энергетических предприятий (обеспеченность $p = 95\text{--}97\%$). Меньшая степень надежности принимается для обеспечения судоходных глубин на реках путем попусков воды из водохранилищ ($p = 90\%$), для водообеспечения орошаемого земледелия ($p = 75\text{--}90\%$).

Повышение требований потребителей к качеству воды и прогнозируемый на перспективу значительный рост водопотребления выдвигают следующие основные проблемы водоснабжения:

- изыскание дополнительных водных ресурсов, то есть увеличение приходной части водного баланса в тех районах, где ресурсы недостаточны; усовершенствование способов использования воды (с учетом всего комплекса водопользователей);
- удовлетворение возрастающих требований к качеству воды, надежности и экономичности работы систем водоснабжения; защита водных источников от загрязнения.

Эти проблемы могут быть решены в рамках глобальных, зональных, бассейновых или участковых водохозяйственных комплексов.

За счет строительства целого каскада водохранилищ на реках успешно решается задача внутригодового перераспределения стока и (частично) многолетнее его регулирование.

Требования различных отраслей народного хозяйства носят противоречивый характер. Поэтому определяемые этими требованиями ограничения существенно снижают размера областей допустимых режимов водохозяйственной системы.

Как отмечалось выше, при разработке водоохранных мероприятий важное значение приобретают наряду с техническими вопросами и вопросы оптимизации.

Во-первых, может быть решена задача по определению минимума средств, расходуемых на водоохранные мероприятия, для того чтобы намеченная цель могла быть достигнута.

Во-вторых, можно получить максимальный эффект от применения широкого комплекса водоохранных мероприятий при определенных затратах.

При составлении водохозяйственного баланса необходимо располагать данными о поверхностных и подземных водах; учитывать интересы водопотребителей и водопользователей в количественном и качественном отношении и увязать требования отдельных участков водохозяйственного комплекса.

В зависимости от расчетных временных интервалов задача обеспечения норм качества воды может быть выполнена на нескольких уровнях.

Это позволит повысить эффективность функционирования водоохранных комплексов с позиций экологических и экономических критериев.

Экологический критерий такого управления может быть определен как минимизация нежелательных отклонений состава и свойств речной воды от нормативных требований, или как максимально возможная стабилизация качества воды.

Экономический критерий управления может быть сформулирован как обеспечение максимально возможного использования ассимилирующей

способности водного объекта для приема тех остаточных (после первичной и вторичной очистки) концентраций примесей, удаление которых из сточных вод методами глубокой (третичной) очистки требует значительных затрат и по экономическим соображениям нецелесообразно.

Таким образом, оперативное управление качеством речной воды обеспечивает соблюдение действующих нормативов в тех случаях, когда реальные условия хуже расчетных, принятых при планировании (и без такого оперативного управления произошло бы нарушение нормативов качества воды), а также позволяет получить экономию затрат (трудовых, материальных, энергетических) на охрану вод во всех других случаях за счет более рационального использования ассимилирующей способности речного потока.

Технической основой достижения таких целей являются централизованно управляемые водоохранные комплексы речных бассейнов. В них входят очистные и охладительные сооружения, земледельческие поля орошения, прибрежные водоохранные зоны, накопители-регуляторы, накопители-испарители, речные водохранилища, рассеивающие выпуски сточных вод, устройства и сооружения для извлечения из водного объекта всплывающих, растворенных и выпавших в осадок веществ, аэраторы речной воды и т.д. Эксплуатационные характеристики указанных сооружений и устройств назначают при их проектировании в зависимости от расчетных условий, определяемых на основании имеющихся сведений о водном, термическом, газовом и гидрохимическом режимах водного объекта для естественных или фактически сложившихся условий его функционирования (так называемые «фоновые» величины), а также сведений об антропогенных факторах, воздействующих на формирование качества воды в нем (размещение сбросов сточных вод, режим тепло- и массоотведения объектов водопользователей и т.п.

Расчетные условия обычно принимают стабильными (постоянными), с некоторым «запасом», призванным компенсировать изменчивость и недостаточную изученность как процессов, проходящих в самом речном потоке,

так и внешних факторов, влияющих на состав и свойства речной воды. В качестве расчетного гидрологического режима принимают средний расход реки в месяц наименьшей водности при 95%-ной обеспеченности. На практике же имеет место отклонение от расчетных условий как в периоды, когда расход реки меньше расчетного (вероятность чего не велика и не превышает не скольких процентов), так особенно в случаях, которые трудно учесть расчетным путем: залповые сбросы сточных вод; различные аварийные разливы, например нефтепродукты; смыв в реку ливневыми водами пестицидов, минеральных удобрений, других веществ; массовое поступление загрязняющих веществ, накапливающихся на поверхности снега в период его интенсивного таяния и др.

Нейтрализовать приведенные выше ситуации можно системой оперативного контроля качеством воды.

Централизованно управляемые ВХК речных бассейнов включают в свой состав технические средства и сооружения, с помощью которых могут осуществляться непрерывный объективный контроль расхода и состава природных и сточных вод, управление процессами водоотведения и очистки сточных вод, регулирование речного стока и другие мероприятия, приводящие к формированию требуемого качества воды в водном объекте.

Эффективное экологическое управление водоохранным комплексом требует применения современных средств, позволяющих технически реализовать непрерывный контроль и мониторинг воздействий водопользователей на водные объекты в рамках ТППК.

Улучшению качества воды способствует также оперативный контроль, направленный на выявление виновников загрязнения, сбор, систематизация и хранение информации о качестве воды.

Разрабатываются межбассейновые автоматизированные системы управления ВК, которые объединяют различные автоматизированные системы.

2.1.3 Методы оценки рисков при экологическом управлении ТППК

Риск в широком смысле определяется как вероятность того, что вредное последствие произойдет в результате действия или состояния. Он включает в себя комбинированную оценку опасностей и воздействия. Оценка риска обеспечивает систематическую процедуру прогнозирования потенциальных рисков для здоровья человека или окружающей среды [13, 118].

Оценка риска в максимально возможной степени является научным процессом.

В общих чертах, риск зависит от следующих 3 факторов:

- сколько загрязняющего вещества присутствует в окружающей среде (например, почва, вода, воздух);
- какова степень контакта (воздействия) человека или экологического рецептора с загрязненной окружающей средой;
- присущая токсичность загрязняющего химического вещества.

Для составления реестра рисков предприятия в первую очередь необходимо определить возможные опасности, возникающие в процессе производства.

Возможными опасностями при эксплуатации промышленного объекта могут быть:

- хранение опасных отходов;
- загрязнение окружающей среды различными химическими веществами;
- разлив, утечка топлива и горюче-смазочных материалов;
- опасные воздействия техногенного характера (аварии на очистных сооружениях сточных вод; аварии или разрушение участка канализационных сетей хозяйственно-бытовых и фекальных стоков, пожары, взрывы и т. д.).

Среди методов качественного анализа рисков наибольшую популярность имеет анализ дерева событий возможных аварийных ситуаций. Примеры дерева

событий при взрыве опасных веществ и аварии на очистных сооружениях представлены на Рисунках 2.1.5 и 2.1.6.

После этапа планирования и определения объема работ, на котором определяются цель и объем оценки риска, процесс оценки риска обычно начинается с сбора измерений, которые характеризуют характер и степень химического загрязнения в окружающей среде, а также информации, необходимой для прогнозирования степени загрязнения.



Рисунок 2.1.5 – Дерево событий при взрыве опасных веществ

Обеспечение подготовленности к аварийным ситуациям или управление экологическими рисками предусматривает:

- а. действия по предотвращению или уменьшению вероятности чрезвычайных ситуаций;
- б. непосредственные действия в условиях экстремальной ситуации.

Виды чрезвычайных и аварийных ситуаций, представляющих опасность для окружающей среды и здоровья человека:

- промышленные пожары и взрывы;

- залповые выбросы и сбросы загрязняющих веществ в результате поломки оборудования и коммуникаций;
- аварийные разливы и утечки при перегрузке топлива, сырья и материалов.



Рисунок 2.1.6 – Дерево событий при аварийной ситуации на очистных сооружениях

На предприятии должен быть разработан конкретный план действий для каждого вида потенциальных аварийных ситуаций.

Кроме того, необходимо застраховаться от экологических рисков с целью защиты предпринимателей от экономических потерь, экономических интересов

граждан и социальной защиты (разработка программ социальной реабилитации, ликвидации последствий экологических бедствий и др.).

Для разработки вероятностного распределения воздействия или риска, а не одного точечного значения используется метод вероятностного моделирования, в котором используется весь диапазон входных данных. Входными данными могут быть измеренные значения и/или расчетные распределения. Значения для этих входных параметров отбираются тысячи раз в процессе моделирования или симуляции для определения распределения вероятного воздействия или риска. Вероятностные модели могут быть использованы для оценки влияния изменчивости и неопределенности в различных входных параметрах, таких как уровни воздействия на окружающую среду, судьба и транспортные процессы и т.д.

2.1.4 Методы мониторинга, контроля, измерений, оценки и анализа экологического управления ТППК

Для эффективной организации системы мониторинга, контроля, анализа и оценки системы экологического управления ТППК для каждого субъекта (сельскохозяйственного, промышленного, коммунального объекта) следует установить контролируемые показатели, которые должны быть измеряемыми (например, количество выбросов загрязняющих веществ, количество потребляемой энергии и т. д.).

На следующем этапе определяются те методы контроля и мониторинга, которые необходимы для обеспечения получения достоверных результатов, выбираются методики измерений в соответствии с требованиями действующего законодательства [27, 51, 56, 74, 80].

Для оценки достижения заданных экологических целей необходимо разработать соответствующие критерии.

Экологические цели представляют следующие важные обязательства:

- a. снизить количество размещаемых отходов и их номенклатуру;

- б. снизить водопотребление;
- в. уменьшить количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в окружающую среду;
- г. снизить токсичность загрязняющих веществ.

Критериями достижения экологических целей могут быть следующие показатели экологической эффективности:

- масса/объем использованного сырья;
- энергопотребление;
- масса/объем выбросов в атмосферный воздух, например, CO₂, и т. д.;
- масса/объем образующих отходов на количество готовой продукции;
- число несоблюдений принятых нормативов качества окружающей среды;
- число аварийных и нештатных ситуаций, которые повлекли загрязнение окружающей среды.

Для достижения экологических целей могут быть предложены следующие мероприятия:

- а) внедрение новой техники и информационных технологий;
- б) строительство или модернизация очистных сооружений;
- в) модернизация и техническое перевооружение производства;
- г) повышение квалификации, информированности и осведомленности персонала;
- д) совершенствование методов управления качеством окружающей среды;
- е) проведение семинаров, форумов, конференций и круглых столов с участием заинтересованных сторон.

На каждом предприятии ТППК должен быть разработана программа производственного мониторинга, с указанием сроков и периодичности проведения наблюдений и измерений. По результатам мониторинга оценивает соответствие полученных результатов заданным экологическим целям и определяет эффективность природоохранных мероприятий.

Метод материального баланса при проведении мониторинга природоохранных мероприятий субъектов ТППК

Для анализа и оценки результативности природоохранных мероприятий отдельного субъекта ТППК на первом этапе составляются и анализируются фактические материальные балансы загрязняющих веществ, сырья и материалов.

Обобщенная балансовая схема материальных потоков в системе "предприятие – окружающая среда" приведена на Рисунке 2.1.7.

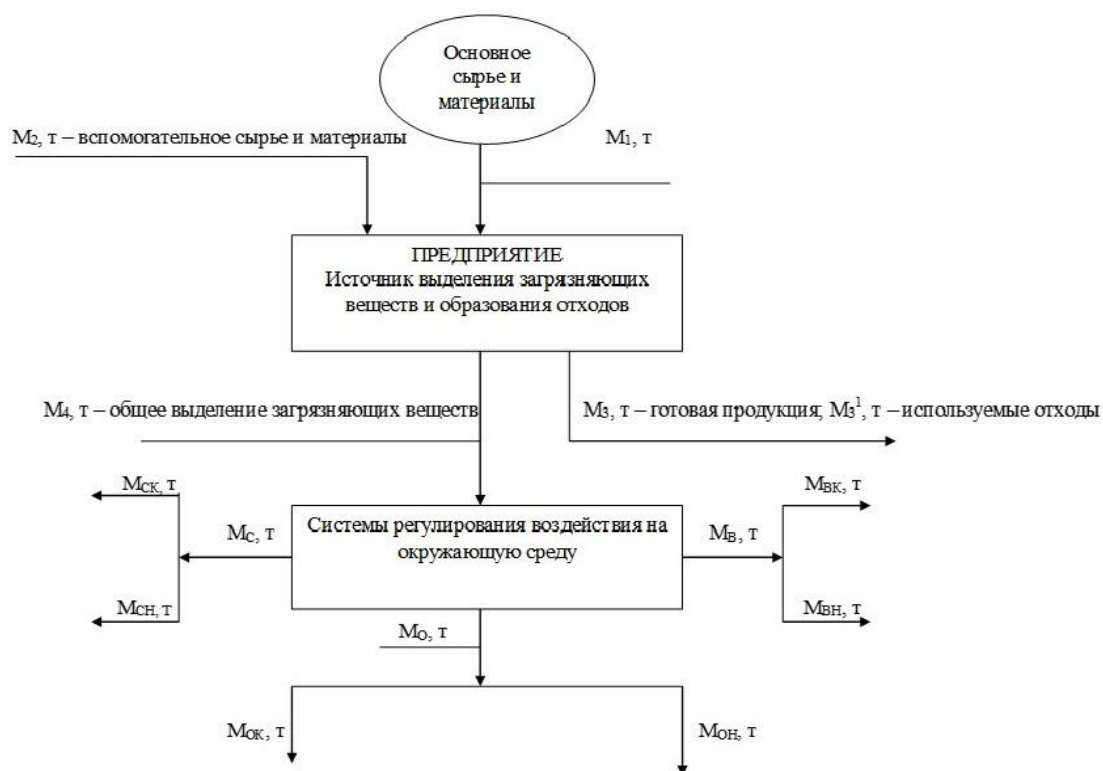


Рисунок 2.1.7 - Обобщенная балансовая схема материальных потоков в системе «предприятие – окружающая среда»

Приведенная схема описывается следующими уравнениями:

$$M_1 + M_2 = M_3 + M_3^1 + M_4 \quad (2.1.4)$$

$$M_4 = M_5 + M_6 + M_7 \quad (2.1.5)$$

Материальный поток загрязняющих веществ со сбросами сточных вод:

$$M_c = M_{ck} + M_{cn}; \quad (2.1.6)$$

с выбросами в атмосферный воздух:

$$M_v = M_{vk} + M_{vn}; \quad (2.1.7)$$

с отходами:

$$M_o = M_{ok} + M_{on} \quad (2.1.8)$$

Для обозначения основных материальных потоков (М, т) принимаются следующие обозначения:

с – сбросы сточных вод; в – выбросы в атмосферный воздух; о – отходы неиспользуемые; к – контролируемый поток; н – неконтролируемый поток.

Отсюда, например, для последнего уравнения:

ок – отходы контролируемые; он – отходы неконтролируемые.

По результатам расчета материальных балансов составляется отчет, который включает:

- количественную и качественную оценку масштабов негативных воздействий на окружающую среду;
- описание и оценку процедуры мониторинга природоохранных мероприятий;
- оценку экологического риска, выявление способов устранения или сокращения риска;
- определение несоответствий требованиям природоохранного законодательства.

Мониторинг реализации мероприятий по достижению экологических целей включает в себя следующие этапы:

1. Разработка критериев для оценки экологических результатов деятельности и соответствующих показателей.
2. Получение и обработка данных о ходе реализации мероприятий.
3. Оценка эффективности осуществляемых природоохранных мероприятий на основе анализа достижения заданных экологических целей по установленным критериям.

Важной частью мониторинга является оценка эффективности реализации мероприятий. Критериями оценки эффективности являются:

- степень достижения запланированных экологических результатов;
- полнота выполнения природоохранным мероприятиям.

Оценка эффективности реализации мероприятий заключается в сравнении фактически достигнутых значений критериев с их нормативными значениями. Сопоставление значений критериев производится по каждому году и по каждому критерию(ям) установленному (ым) для одного мероприятия. Эффективность реализации рассчитывается для каждого мероприятию и для всего комплекса мероприятий.

Оценка эффективности реализации отдельного мероприятия по одному критерию производится по формуле:

$$E_n = \frac{T_{\phi n}}{T_{нн}} \cdot 100, \quad (2.1.9)$$

где E_n – эффективность реализации отдельного n -ого мероприятия по одному критерию (%);

$T_{\phi n}$ – фактическое значение n -го критерия за один год;

$T_{нн}$ – нормативное значение n -го критерия за один год;

n – номер критерия.

Для мероприятия, эффективность которого определяется по одному критерию, полученные результаты проведенной оценки соответствуют результатам оценке эффективности природоохранного мероприятия в целом.

Оценка эффективности реализации природоохранного мероприятия, для которого установлены два и более критериев, производится по формуле:

$$E = \frac{\sum_1^m \frac{T_{\phi n}}{T_{нн}}}{m} \cdot 100, \quad (2.1.10)$$

где E - эффективность реализации мероприятия (%);

m - количество критериев мероприятия.

Эффективность реализации комплекса мероприятий в целом используется рассчитывается следующим образом:

$$E_{\text{общ}} = \frac{\sum_{i=1}^k E_i}{k}, \quad (2.1.11)$$

где $E_{\text{общ}}$ – эффективность всей совокупности природоохранных мероприятий (%);

E_i – эффективность i -того природоохранного мероприятия;

k – общее количество природоохранных мероприятий.

В соответствии с предложенной методологией проведена оценка эффективности природоохранных мероприятий на российском предприятии-изготовителе печатных плат [24].

В Таблице 2.1.2 представлены результаты мониторинга реализации мероприятий по достижению экологических целей за отчетный год.

Таблица 2.1.2 – Результаты мониторинга реализации мероприятий по достижению экологических целей за отчетный год

№ п/п	Мероприятие	Сроки выполнения		Критерии выполнения			
				Наименование критерия	Ед. изм.	Нормативное значение	Фактическое значение
1.	Установка системы очистки от пылегазовых выбросов	01.04.20_	10.09.20_	Количество выбросов взвешенных веществ	т/год	59,6	68,4
				Эффективность системы очистки	%	99	91
2.	Оформление полисов добровольного медицинского страхования (ДМС)	10.01.20_	31.01.20_	Количество полисов ДМС	шт.	50	29
3.	Сокращение количества аварийных ситуаций	10.01.20_	31.12.20_	Количество аварийных ситуаций	сл.	0	2

№ п/п	Мероприятие	Сроки выполнения		Критерии выполнения			
				Наименование критерия	Ед. изм.	Нормативное значение	Фактическое значение
4.	Снижение сброса загрязненных и недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водные объекты	01.03.20_	20.10.20_	Количество загрязняющих веществ со сбросами сточных вод	т/год	1000	810
				Количество этапов очистки сточных вод	эт.	5	3
5.	Производственный экологический контроль	25.06.20_	26.06.20_	Количество нарушений, выявленных при проверке	шт.	0	1
6.	Снижение токсичных выбросов от процесса хранения и отгрузки опасных материалов	12.04.20_	31.05.20_	Количество выбросов взвешенных веществ	т/год	32,1	28,3
7.	Снижение доли производственных отходов, направляемых на захоронение на полигоне	18.09.20_	28.10.20_	Материальный поток загрязняющих веществ с отходами	т/год	1	0,43
8.	Снижение платы за сверхнормативное воздействие	01.01.20_	31.12.20_	Ставка платы за сверхнормативное воздействие	млн. руб.	2500	2678,143
		01.06.20_	31.10.20_	Количество выполненных природоохранных мероприятий	шт.	150	138
9.	Снижение показателя удельного расхода топливно-энергетических ресурсов по процессу «Травление нитратом меди»	20.05.20_	31.05.20_	Удельный расход ТЭР	кг у.т./тыс . м ³	20	21,2
10.	Использование НДТ при обработке поверхностей электролитами	20.02.20_	20.11.20_	Технологический норматив	кг/ед. продукции	512	624

По результатам мониторинга проведена оценка эффективности реализованных мероприятий:

$$E_{\text{общ}}=(46,54+58+70,5+88,16+43+46,36+106+121,95)/10= \mathbf{58,051 \%}$$

Эффективность всего комплекса мероприятий составила 58%, следовательно, требуется проведение корректирующих действий для улучшения выбранных показателей и достижения всех заданных экологических целей.

Разработаны следующие рекомендации по корректирующим мероприятиям повышения эффективности экологического управления производством предприятия-изготовителя печатных плат:

1. Необходимо изменить критерии по двум мероприятиям: *«Сокращение количества аварийных ситуаций»* и *«Производственный экологический контроль»*, так как результативность по этим мероприятиям снижают общий показатель эффективности, либо пересмотреть нормативное значение выбранных критериев.
2. Увеличить количество мероприятий по достижению экологических целей с минимальным увеличением затрат.
3. Проведение работ на уровне филиалов по недопущению работниками ненадлежащего отношения к своей работе и дополнительному изучению требований законодательства в области охраны окружающей среды.

Метод учета затрат на материальные потоки производственной системы «предприятие-окружающая среда» представлен в Приложении Г.

2.1.5. Методы обмена информацией между субъектами ТППК и внешними заинтересованными сторонами

Задача обеспечения экологически сбалансированного развития и эффективного экологического управления ТППК предопределяет необходимость создания системы обмена информацией внутри ТППК и с внешними заинтересованными сторонами, которые делятся на три основные группы:

1) заинтересованные стороны, имеющие отношение к финансам объекта экономики:

- акционеры, страховые компании, банки, кредитные организации, инвесторы;
- персонал, включая топ-менеджмент компании;
- поставщики и потребители.

Основная цель этой группы лиц – защита своего капитала, инвестиций, заемных средств. Они должны быть уверены, что предприятие учитывает все экологические риски при проведении своей деятельности.

Заинтересованным лицам этой категории необходимо знать и вовремя получать информацию о природоохранных затратах организации, а также штрафы, санкции и другие компенсационные выплаты, связанные с нарушением законодательства.

2) заинтересованные стороны, имеющие нефинансовые интересы:

- государственные органы экологического контроля;
- органы муниципального образования;
- страховые компании;
- ассоциации потребителей и природоохранные организации;
- средства массовой информации.

Вышеперечисленные заинтересованные стороны акцентируют свое внимание на улучшении экологических показателей субъекта ТППК, таких как:

- экологические платежи и природоохранные издержки;
- детальная информация о локальных воздействиях на окружающую среду;
- экологические риски;
- контроль и мониторинг аварийных ситуаций, мероприятия по их предотвращению и ликвидации последствий;
- экологическая политика субъекта ТППК;
- экологическая эффективность субъекта ТППК;
- количество выявленных несоответствий;

3) заинтересованные стороны, выступающие за устойчивое развитие:

- политические силы, правительственные и неправительственные организации;
- исследовательские и научные организации;
- общественные ассоциации.

К методам внешнего обмена информацией относятся:

- подготовка ежегодных отчетов, представляемых надзорным и контролирующим органам;
- публикации в различных печатных изданиях, в сети Интернет, на сайтах правительственных организаций;
- проведение дней открытых дверей;
- обратная связь с населением и представителями средств массовой информации через сайт организации.

В Таблице 2.1.3 и на Рисунке 2.1.8 представлен процесс внешнего обмена информацией с заинтересованными сторонами.

Таблица 2.1.3 – Методы обмена информацией предприятия-природопользователя с заинтересованными сторонами в рамках ТППК

№ п/п	Вид информации	Заинтересованные стороны	Методы и способы обмена информацией
1	Экологическая политика	Поставщики, потребители, инвесторы, акционеры, СМИ, общественные организации	Публикации в СМИ, интернет ресурсы, проведение дней открытых дверей
2	Экологические отчеты	Государственные контролирующие органы	Отчеты в контролирующие органы, почта и рассылка
3	Экологические программа	Поставщики, потребители, инвесторы, акционеры, СМИ	Интернет ресурсы, проведение дней открытых дверей
4	Руководство СЭМ	СМИ, общественные организации	Публикации в СМИ, проведение дней открытых дверей
5	Внутренние стандарты организации	Государственные контролирующие органы	Отчеты в контролирующие органы

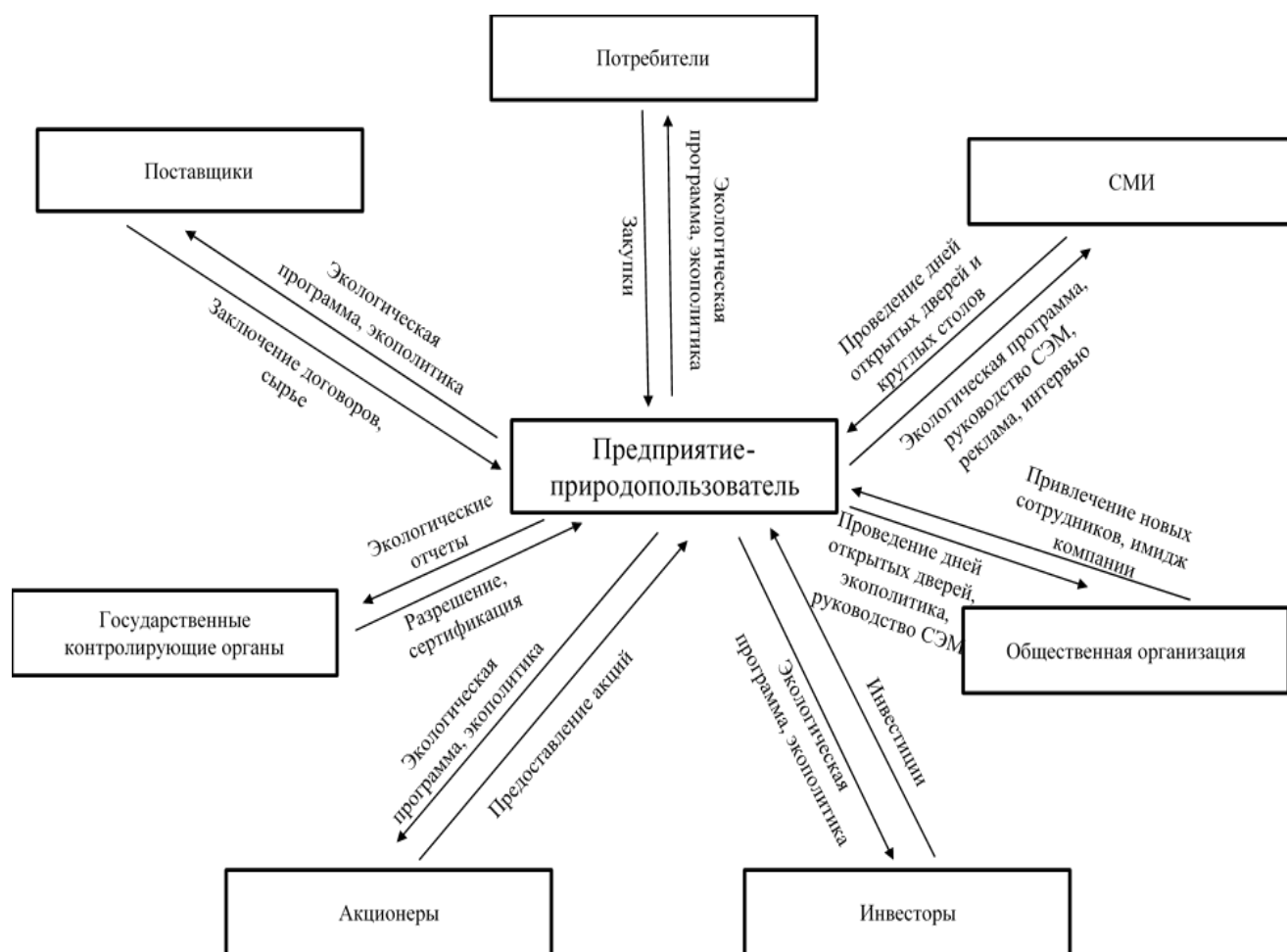


Рисунок 2.1.8 – Процесс обмена информацией предприятия-природопользователя с заинтересованными сторонами в рамках ТППК

Для повышения эффективности внешнего обмена информацией между организацией и различными группами заинтересованных сторон требуется формирование системы представления достоверной информации о воздействии субъекта ТППК на окружающую среду, которая должна включать сведения об экологических целях и экологических показателях субъекта ТППК, а также результатах достижения поставленных целей. Кроме того, необходимо грамотно выбирать методы внешних коммуникаций в зависимости от вида информации и группы заинтересованных сторон.

2.2 Разработка концепции обеспечения экологичности РПП по эколого-технологическим показателям в рамках ТППК

Особенности временных уровней экологического нормирования обусловлены необходимостью сочетать интересы отдельных природопользователей РПП с долгосрочным экологическим интересом региона (бассейна) в целом для ТППК по аналогии с такими нормативами как ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ), временно согласованные выбросы и сбросы и другими временно устанавливаемыми нормативами, а также необходимостью достижения перспективных экологических нормативов к определенному сроку для оценки результативности природоохранных мероприятий, например, НДС для отдельных водопользователей. Территориально дифференцированный характер нормирования на основе двух принципов антропо-экологического (учет нормативов физического, социального здоровья населения) и биоэкологического (определяем продуктивность биоты, ее жизненность, наличие или отсутствие индикаторов). Антропоцентризм – основной ориентир нормирования, при котором экосистема не допустит критических или предельных состояния. При этом, экологическое нормирование выступает как элемент управления проектированием и является формой правовой гарантии экологической безопасности [5, 38, 63, 112].

Связь экологических нормативов допустимого воздействия на экосистемы с показателями деятельности отдельных предприятий радиоэлектроники и приборостроения и групп предприятий на межотраслевом уровне позволяет обеспечить экологичность промышленных производств.

Целью разработанной концепции является соизмерение производственного и природного потенциалов на основе синергетического подхода. Научная гипотеза исследований представляется в виде совокупности общих идей и методов экологического нормирования с учетом принципов обеспечения

техносферной безопасности на территориально-бассейновом уровне. Для реализации концепции обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств необходима разработка методов, позволяющих обеспечить экологическое управление и полноценную совместимость между основными системами (техносферой, биосферой и техносферой), образующими ноосферу, не допуская превосходства техносферы над биосферой и экосферой. Главные результаты синергетики сводятся к использованию научно обоснованных идей и общих математических методов, опирающихся на применение компьютерного имитационного моделирования для обеспечения экологичности производственных систем и комплексов на междисциплинарной основе.

Решение отраслевых природоохранных проблем производств в настоящее время, а в перспективе еще в большей степени, необходимо обеспечивать не региональном и межотраслевом уровне, в связи с потребностями в развитии водоохранных комплексов ТППК и повышении эколого-экономической эффективности сложных производственных межотраслевых систем.

Эта задача предопределяет необходимость обеспечения требуемой эффективности очистки сточных вод $P_i (i=1, \dots, n)$ при минимальных затратах на водоохранные мероприятия [25, 52]. Задача оптимизации формулируется следующим образом:

$$\sum z_{i,оч}(P_i) \rightarrow \min_{P_i}, \quad (2.2.1)$$

с ограничениями

$$\sum_{i=1}^n K_{i,оч}(P_i) \geq K_{оч}, \quad (2.2.2)$$

где $z_{i,оч}$ - приведенные затраты на очистку неочищенных стоков в i -м контрольном створе;

$K_{оч}$ – сокращение концентрации загрязняющих веществ в результате природоохранного мероприятия;

$K_{i,оч}$ - сокращение концентрации загрязняющих веществ в контрольном створе в результате снижения доли загрязнения на i -х очистных сооружениях;

$P_{i,min}, P_{i,max}$ – минимально допустимая эффективность очистки;

$P_{i,max}$ – максимальная эффективность очистки.

Оценка отношения показателей эколого-экономической эффективности от разницы использования воды в производственном процессе и технологий водоочистки и водоподготовки требует интегрированного подхода методами экологического управления деятельностью водоохраных комплексов в рамках ТППК.

Для обеспечения НДС промышленных производств, включая РПП в рамках бассейнового (регионального) ТППК основным принципом экологического управления должно стать сочетание экологических и технологические критериев нормирования нагрузки на водные объекты с использованием современных информационно-технических средств, нормативных и информационных баз данных [112, 115].

Структура экологического управления промышленными производствами, включая РПП, в рамках ТППК включает следующие этапы (Рисунок 2.2.1):

1. Идентификация показателей водного объекта в соответствии с данными гидрографической сети.
2. Идентификация основных источников загрязнения водных ресурсов и их ранжирование.
3. Формирование целевых показателей и критериев по их достижению.
4. Районирование водного бассейна, установление границ расчетных водохозяйственных участков.

5. Определение качества воды по каждому расчетному водохозяйственному участку на основе фоновых концентраций загрязняющих веществ.
6. Выбор и обоснование модели прогнозирования качества воды, разработка проекта расчета.
7. Идентификация и обоснование показателей сброса загрязнений методами имитационного моделирования с использованием ГИС-технологий.
8. Рационализация водоохранных мероприятий по эколого-технологическим показателям для групп водопользователей.
9. Распределение квот нагрузки на водные объекты ТППК между всеми водопользователями и индивидуальных нормативов сброса.

В общем виде, нормативы допустимого воздействия рассчитываются как совокупность массы загрязняющих примесей от всех водопользователей ТППК, максимально допустимой на отдельном расчетном водохозяйственном участке в заданном временном периоде. При этом должно быть соблюдено условие не превышения средних концентраций примесей на участке и в замыкающем контрольном створе установленных экологических нормативов качества воды. При расчете НДС учитываются материальные балансы загрязняющих веществ для всех источников загрязнения, специфика трансформации примесей, ассимилирующие свойства водного объекта и площадь водосбора. Детальная методика расчета НДС представлена в Приложении В.



Рисунок 2.2.1 - Структура эколого-технологического управления производственной системой ТППК

По результатам расчета значения суммарной нагрузки для всех водопользователей на водные объекты ТППК определяются НДС для отдельных производств с учетом уровня экологичности (УЭ) в соответствии с алгоритмом, представленным на Рисунке 2.2.2, в котором M_{ϕ} – фактическая масса сброса загрязняющих веществ, г/м³; коэффициент А – отношение уровня экологичности отдельного водопользователя к суммарному УЭ от всех субъектов ТППК.

Уровень экологичности определяется как сумма весовых коэффициентов показателей k_i :

$$УЭ = \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i \right)^{-1} \sum_{i=1}^n \alpha_i k_i, \quad (2.2.3)$$

где n – количество показателей k_i ;

α_i – коэффициент весомости показателей k_i .

По результатам расчета УЭ в соответствии с Таблицей 2.2. определяется экологичность производства.

Коэффициент весомости показателей k_i для РПП определяется методом экспертных оценок и включается в информационно-аналитическую базу.

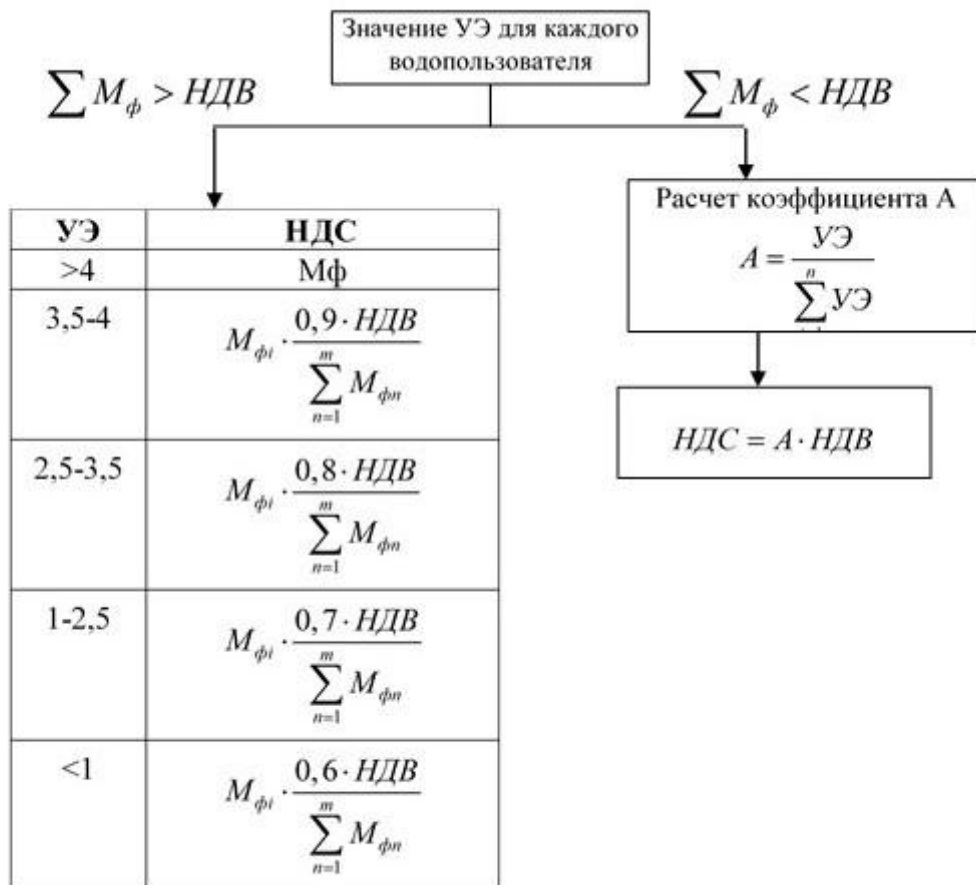


Рисунок 2.2.2 - Определение НДС для отдельных производств ТППК на основе бассейновых НДС

Для установления уровня экологичности технологий производства и очистки сточных вод применяются критерии по их соответствию НДТ [111]:

- технологические нормативы;

- проектные значения показателей функционирования очистных установок (значения концентраций примесей на выходе);
- удельные нормативы водопользования;
- коэффициент оборотного и повторного водопользования;
- коэффициент безвозвратного потребления и потерь свежей воды;
- коэффициент использования воды, забираемой из источника.

Таблица 2.2.1 - Классификация предприятий по уровню экологичности

УЭ	Классификация предприятий по эффективности внедрения экологичности технологий	Внедрение технологий
>4,0	Высокоэффективные	Стратегия развития может быть принята за наилучшую. Технология удовлетворяет НДТ и воздействие на водную экосистему незаметно
3,5-4,0	Среднеэффективные	Технология удовлетворяет нескольким параметрам. Водная экосистема за счет ассимиляции не деградирует
2,5-3,5	Эффективные	Технология удовлетворяет одному или нескольким параметрам. Водная экосистема за счет ассимиляции не деградирует
1,0-2,5	Малоэффективные	Технология не удовлетворяет одному или нескольким параметрам и воздействие на водную экосистему в перспективе может привести к ухудшению ее качества
<1,0	Не эффективные	Следует изменить стратегию развития предприятия. Внедрение новых технологий. Качество воды не удовлетворяет требованиям и водная экосистема деградирует

Разработанная концепция обеспечения экологичности приборостроительных и радиоэлектронных производств, базирующаяся на предложенном принципе управления по эколого-технологическим показателям позволяет:

- определять взаимосвязь инновационного развития радиоэлектронных и приборостроительных производств с экологической емкостью природных территориальных экосистем;
- формировать новую систему взглядов и эколого-технологического мышления с комплексным эколого-экономическим обоснованием природно-производственных систем;
- реализовать конкурентную стратегию развития РПП на региональном межотраслевом уровне в пределах региональных нормативов допустимых воздействий;
- применять экономически обоснованный переход на наилучшие доступные технологии при территориально дифференцированном характере эколого-технологического нормирования с учетом различных ситуаций природопользования (нагрузкой, изменениями природы и социальноэкономическими последствиями);
- соизмерять нормирование по показателям концентраций с нормированием по удельным сбросам и стимулирует совершенствование и разработку новых технологий [43].

2.3 Разработка метода гармонизации технологических и экологических нормативов для РПП на геоинформационной основе с применением объединенной базы данных ТППК

2.3.1 Основы создания интегрированных баз данных ТППК

Анализ существующей системы экологического нормирования по действующим методикам показал, что НДС и НДСВ устанавливаются в соответствии с общефедеральными нормативами качества воды, которые учитывают только вид водопользования и не принимают во внимание региональные климатические, географические, гидрологических условия использования водных ресурсов, а также реальный экологический статус водных

объектов региона (бассейна). В следствии чего, при расчете НДС для нескольких загрязняющих веществ, имеющих одинаковый лимитирующий показатель веществ в стоках, нормативы сброса получаются на порядок меньше ПДК, установленных для рыбохозяйственных водных объектов ТППК.

Отмеченные проблемы определяют постановку задачи совершенствования действующей системы нормирования сбросов загрязнений в водные объекты ТППК, для решения которой необходима разработка следующих новых методов и средств эколого-технологического нормирования, учитывающих региональную специфику формирования качества воды в водных объектах бассейна, целевое использование водоема и суммарную антропогенную нагрузку всех водопользователей территориального природно-производственного комплекса:

- метод гармонизации технологических и экологических нормативов на основе геоинформационных технологий;
- инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования ТППК;
- метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с применением геоинформационной онлайн-системы.

С целью структуризации геоинформационных данных для разработки эколого-технологических критериев нормирования, нормативов качества окружающей среды (НДС и НДСВ), а также рационального распределения антропогенной нагрузки водопользователей ТППК на водные объекты, разработана категорийно-понятийная матрица устойчивого функционирования ТППК (Таблица 2.3.1), на базе которой систематизированы понятия экологического и технологического нормирования (Таблица 2.3.2) с целью дальнейшей гармонизации этих нормативов по уровням, предложенным в Таблице 2.3.3 [115].

Таблица 2.3.1 - Категорийно-понятийная матрица функционирования территориального природно-производственного комплекса

Объект воздействия	Номер объекта	Результат (объект)				Экономический
		Вещественно-энергетический				
		водный режим	санитарно-химический режим	гидробиологический режим	природоохранные мероприятия	
Среда: социальная, техническая, экономическая	1	Влияние социальной, технической и экономической сред на процесс формирования качества водной среды с учетом конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ для ТППК				
гидрологическая, биологическая, санитарно-химическая	2	Процесс конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ (КДПиВ), банк гидрологических, гидрохимических, гидробиологических данных на основе ГИС		Прогноз водности рек и качества воды в меженные периоды. Алгоритм анализа ситуации.	Комплексное водообеспечение ТППК.	
Лицо, принимающий управленческие решения	3	Человеческий фактор в регулировании вещественно-энергетическими и биологическими процессами на основе имитационной моделирования ТППК с учетом природных и техногенных показателей		Роль человека в природоохранных мероприятиях (ПОМ) регионального межотраслевого уровня	Роль человека в эколого-экономической оптимизации природопользования	
Материал	4	Влияние ресурсов на вещественно-энергетический режим и на рыбное хозяйство, биотический баланс водной экосистемы и ее аккумулирующая емкость		Влияние ресурсов на сохранение экологического равновесия и механизмов саморегуляции	Роль ресурсов в экономике природопользования	
Информация	5	Банк данных о гидрологическом, санитарно-химическом и гидробиологическом режимах водного объекта (ВО) на основе систематических наблюдений и экспериментов		Информация о состоянии водного объекта и отраслевых технологических стандартов	Информация об эколого-экономической оптимизации «ТППК-ВО»	
Модель	6	Уравнения математической физики процессов КДПиВ, теория оптимизации принятия решений, математическая статистика		Нормирования НДС стоков и НДС на водный объект	Экономико-математическое и геоинформационное моделирование	
Время	7	Неустановившийся процесс КДПиВ с учетом характерного масштаба времени		Реальные или синтезированные данные о параметрах СКИОВО	Эволюция технологических и экономических решений	
Управление	8	Детерминированные, стохастические и динамические модели		Управление ПОМ с минимальным числом альтернативных решений и максимальным количеством учитываемых показателей	Экономическая оптимизация	
Система водоотведения: регулируемая	9	Изменение массы вещества в стоках за счет изменения эффекта очистки и режима сброса		Влияние типа и режима водоотведения на обеспечение технологических норм	Потенциально оптимальные капиталовложения	
нерегулируемая	10	Водоотведение стоков с заданной степенью очистки		На основе модели стационарного режима	Амортизация капитальных затрат	
Природо-охраный комплекс	11	Процесс взаимодействия системы «предприятие-водный объект» в рамках ТППК		Влияние параметров стоков и водного объекта на режим водоотведения	Оптимальные капиталовложения для достижения бассейновых НДС и индивидуальных НДС	

Таблица 2.3.2 – Структура понятий экологического и технологического нормирования

«Технологическое нормирование» - экологический стандарт технологического процесса	Нормирование окружающей среды
Предмет нормирования	
Количество вредных веществ, которые могут быть допущены к попаданию в водную среду от данного технологического процесса производства определенного вида продукции, в следствии использования апробированных в мировой практике инженерных технических и технологических решений	Структурные гидрохимические и гидробиологические показатели качества природных вод и донных отложений, а также интегральная оценка токсичности воды.
Количество нормируемых показателей	
Должно быть достаточным для оценки уровня прогрессивности, принятого водопользователем технологического процесса, соответствующего с точки зрения загрязнения окружающей среды определению «наилучшей доступной технологии»	Должно быть достаточным для того, чтобы отследить процессы, происходящие в водном бассейне, как по гидрохимическим, так и по гидробиологическим показателям с целью обеспечения устойчивости гидроэкосистемы
Номенклатура нормируемых показателей	
Должны использоваться интегральные показатели, характеризующие тенденцию сокращения сброса вредных веществ путем внедрения водопользователем новых прогрессивных технологических процессов с наименьшими потерями в водную среду используемых в технологическом процессе сырья, химикатов, продуктов переработки.	<p>1. По гидрохимическому блоку:</p> <ul style="list-style-type: none"> – общезифические показатели и показатели неорганических веществ; – общие показатели органических веществ; – показатели неорганических промышленных загрязняющих веществ. <p>2. По гидробиологическому блоку:</p> <ul style="list-style-type: none"> – показатели обилия организмов; – характеристики качественного состава; – пространственно-временное распределение; – биотические взаимодействия; – структура популяций. <p>(Полная программа контроля по гидробиологическим показателям предусматривает следующие определения: фитопланктон, зоопланктон, зообентос, перифитон, макрофиты).</p> <p>3. Интегральный показатель токсичности.</p>
Цель установления норматива	
Побудить водопользователя к внедрению прогрессивных технологических процессов с минимальным загрязнением окружающей среды, соответствующих определению «наилучших доступных технологий».	Обеспечение устойчивости гидроэкосистемы и сохранение способности ее саморегуляции за счет компенсационных механизмов. Оптимальное использование экологической емкости гидроэкосистемы и ее экологического потенциала. Поддержание самоочищающей способности гидроэкосистемы.
Для чего нормативы используются	
Для управления качественными характеристиками водного объекта и прогнозирования его состояния. В перспективе нормативы должны использоваться как экономический рычаг государственного регулирования качества водных объектов, реализуемый путем взимания платежей за загрязнение окружающей среды.	Для обеспечения заданных стандартов качества поверхностных вод в створах в соответствии с категорией водопользования и поддержания гидроэкосистемы на гомеостатическом плато. Для распределения квот нагрузки между всеми водопользователями и для регулирования сброса загрязняющих веществ с целью эффективного использования биологических, химических и физических процессов самоочищения. Сегодня нормативы используются для осуществления механизма платежей за загрязнение поверхностных вод.

Таблица 2.3.3 - Уровни технологических и экологических нормативов

Экологический стандарт технологии *)		
Текущий		Перспективный
Существующий	Возможный	
Количество загрязнений, поступающих в окружающую среду, соответствует фактическому состоянию производства	Количество загрязнений, поступающих в окружающую среду, соответствует техническому уровню оборудования, установленному на производстве	Количество загрязнений, поступающих в окружающую среду, соответствует техническому уровню оборудования, отвечающему понятию «наилучшей доступной технологии»
Норматив качества окружающей среды		
Текущий		Целевой
Существующий	Возможный	
Временно сформировавшийся норматив качества окружающей среды под воздействием водопользователей, работающих при несоблюдении технических условий работы установленного на предприятии оборудования	Временно установленный норматив качества окружающей среды, формирующийся под воздействием водопользователей, работающих при соблюдении технических условий работы установленного на предприятии оборудования	Временно установленный норматив качества окружающей среды, формирующийся под воздействием водопользователей, использующих оборудование и технологии, отвечающие «наилучшим доступным технологиям»
<p>*) Следует различать три уровня эколого-технологических нормативов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – «текущий существующий» соответствует удельному количеству загрязнений на единицу вырабатываемой продукции, попадающих в окружающую среду, при фактическом состоянии производства; – «текущий возможный» соответствует удельному количеству загрязнений, попадающих в окружающую среду на единицу вырабатываемой продукции, который определяют, исходя из технического уровня оборудования, установленного на существующем производстве; – • «перспективный» соответствует удельному количеству загрязнений, попадающих в окружающую среду на единицу выпускаемой продукции, который определяют, исходя из технического уровня оборудования, отвечающего понятию «наилучшей доступной технологии». 		

2.3.2 Выбор и обоснование программно-технических средств, методов проектирования и разработки объединенной базы данных по ТППК

Нормирование качества воды и антропогенной нагрузки на водные ресурсы ТППК на региональном уровне с учетом климатических, географических и гидрологических характеристик водных объектов бассейна требует использования современных программных средств на основе ГИС-технологий, позволяющих применить бассейновый принцип установления НДС для каждого субъекта ТППК [3, 4, 84, 92]. Предприятие-водопользователь получает возможность использовать определенную квоту аккумулярующих свойств водного объекта. На данный момент, те предприятия, которые находятся ниже по течению реки, как правило, тратят на водоподготовку технологической воды и очистку стоков, больше средств, чем водопользователи, расположенные выше по течению.

Разработанные автором геоинформационная структура информационно-программного эколого-технологического нормирования и геоинформационный моделирующий комплекс (ГИМК), базирующиеся на ГИС-технологиях и модели конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ, позволяют создавать интегрированные базы данных и базы знаний, включающие огромные информационные массивы. Сформированные на основе взаимосогласованности и устойчивости природных и производственных систем объединенные базы данных ТППК решают задачу эффективного управления ТППК на краткосрочный и долгосрочный периоды (Рисунок 2.3.1). Современная модель технологического нормирования основывается на показателях отраслевых наилучших доступных технологий, уровень внедрения которых в производственные процессы позволяет установить допустимую долю (квоту) техногенной нагрузки на водный объект для отдельного производства, принимая во внимание региональные (бассейновые) условия и взаимовлияние других водопользователей ТППК. В процессе

распределения квот нагрузки рассматривается минимальное количество альтернативных решений при максимальном числе параметров [42].



Рисунок 2.3.1 - Система информационно-программного обеспечения эколого-технологического нормирования нагрузки для ТППК с применением ГИС-технологий

Этапы формирования имитационной модели территориального природно-производственного комплекса в соответствии с предложенной системой информационно-программного обеспечения включают:

1. Содержательное описание ТППК как объекта моделирования единой природно-производственной системы.

2. Постановку и формализацию задачи, построение структуры модели, определение целевых функций и критериев их достижения.
3. Построение модели ТППК и выбор методов моделирования.
4. Разработку информационно-алгоритмического обеспечения с целью оценки экологического статуса бассейнового (регионального) ТППК.
5. Реализацию ГИС-проектов, содержащих базу данных установленных аргументированных НДС для отдельных субъектов ТППК.
6. Проектирование имитационных альтернативных водоохраных мероприятий и разных вариантов взаимодействия всех субъектов ТППК по разнообразным сценариям реализации эколого-технологических нормативов и многообразным статистическим данным путем моделирования территориального природно-производственного комплекса с помощью ГИМК.
7. Оценку полученных результатов моделирования, обоснование и выбор наиболее эффективной системы эколого-экономико-технологическим показателям. Определение стратегии по выполнению установленных целевых показателей с учетом лимитов и квот водопотребления и водоотведения для отдельных водопользователей и отдельного бассейнового (регионального) ТППК.
8. Разработку рекомендаций по постепенному последовательному выполнению установленных целей для принятия эффективных управляющих решений в области охраны водных ресурсов.

Таким образом, разработка объединенной базы данных ТППК с использованием ГИС-технологий позволяет повысить эффективность управления ТППК, а также обеспечить экологичность и конкурентоспособность промышленных производств, за счет выявления и обоснования взаимовлияния нормативов допустимого воздействия и качества ОС.

2.3.3 Метод гармонизации технологических и экологических нормативов на основе геоинформационных технологий

Для обеспечения конкурентного развития высокотехнологичных радиоэлектронных производственных систем в условиях их модернизации и нового строительства при регионально-бассейновом подходе, а также разработки технологических и экологических нормативов для РПП предложен метод гармонизации нормативов с учетом экологической емкости и многомерности природно-производственных комплексов, в основу которого положены результаты многолетних исследований и разработок автора по определению критериев распределения квот допустимой нагрузки на межотраслевой основе в масштабах территориально-производственных комплексов. Ранжирование всех основных производств, входящих в природно-производственный комплекс, предопределило необходимость гармонизации социально-экологических требований с производственными характеристиками развивающихся отраслей и отдельных производственных комплексов. Для решения этих задач в работе предложен алгоритм и метод гармонизации двух ключевых блоков «технологического» и «экологического» в рамках ТППК.

Современные требования экологического законодательства по переходу промышленных производств на технологическое нормирование по показателям НДТ диктует необходимость выработки новой стратегии модернизации и развития РПП с использованием новейшего программно-технического обеспечения на основе ГИС-технологий и средств визуализации для имитационного моделирования системы «РПП-ТППК». Интегрированный подход к управлению такой системой включает системный анализ всех субъектов ТППК, имеющих общие цели в области эффективного управления и мониторинга водопользованием, в границах объединенной структуры эколого-технологического нормирования, учитывающей все виды влияния всех водопользователей на водные объекты ТППК. При этом, имитационная модель

«РПП-ТППК» рассматривается как система взаимосвязанных объектов, что позволяет принимать эффективные технологические решения в соответствии с эколого-экономическими требованиями и обоснованиями. Гармонизация экологических и технологических показателей для ТППК обеспечивается контролем эколого-экономико-технологического баланса (равновесия между экологической емкостью, хозяйственным потенциалом и использованием наилучших доступных технологий) всего территориального природно-производственного комплекса. При этом, появляется необходимость сопоставления материальных потоков между природными системами и промышленными производствами внутри ТППК, которое решается путем формирования имитационных моделей, баз данных, а также методами качественной и количественной оценки. Применение концепции обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств позволяет создать равновесие между суммарной техногенной нагрузкой на водные ресурсы и ассимилирующей способностью водных объектов ТППК [43].

Критериями сравнения являются санитарно-гигиенические нормативы и рыбохозяйственные ПДК. Как определено выше, специфика технологических процессов и производства продукции радиоэлектроники и приборостроения предопределяет необходимость эколого-технологического нормирования для этих отраслей промышленности таких опасных химических веществ, как свинец, ртуть, кадмий, хром, полиброминированные фенолы.

В связи с этим, на стадии формирования территориального природно-производственного комплекса возникает задача гармонизации экологических и технологических нормативов с целью установления индивидуальных НДС для РПП и реализации НДС бассейна на междисциплинарной и межотраслевой основе. Кроме того, следует учитывать процессы конвективно-диффузионного переноса и превращения загрязняющих примесей в условиях неопределенности их взаимовлияния в пространстве и во времени [42].

Таким образом, сформулированы основные цели гармонизации экологических и технологических нормативов для ТППК:

1. Обеспечение устойчивости водных геозкосистем и поддержанием их на гомеостатическом плато.
2. Прогнозирование сокращения негативных воздействий на водные объекты ТППК за счет применения в производственных процессах НДТ.
3. Улучшение качества воды в водных объектах ТППК бассейна.
4. Распределение квот техногенной нагрузки между всеми предприятиями-водопользователями ТППК.

Для достижения поставленных целей определены следующие критерии гармонизации экологических и технологических нормативов для территориальных природно-производственных комплексов:

- количество загрязняющих веществ и примесей, специфичных для отдельного производства;
- номенклатура нормируемых параметров технологий основного производства и очистки сточных вод по уровню соответствия наилучшим доступным технологиям;
- интегральные показатели контроля и мониторинга качества воды;
- лимиты и квоты водопотребления и водоотведения для отдельных водопользователей, суммарная величина которых соответствует общей антропогенной нагрузке на водные объекты бассейнового (регионального) ТППК.

Предложены три уровня гармонизированных эколого-технологических нормативов:

1. «Существующий», определяемый как удельное количество примесей на единицу производимой продукции при фактическом реальном состоянии функционировании предприятия.

2. «Возможный», определяемый как удельное количество примесей на единицу производимой продукции на основе технического состояния оборудования, применяемого на действующем предприятии.
3. «Перспективный», определяемый как удельное количество примесей на единицу производимой продукции на основе технического состояния оборудования, которое соответствует отраслевым наилучшим доступным технологиям.

Таким образом, разработанный метод гармонизации экологических и технологических нормативов для ТППК позволяет взаимно увязать потребности и интересы всех водопользователей в соответствии с требованиями современного экологического законодательства и обеспечить экологический баланс и устойчивость водных геосистем при минимизации негативных последствий от воздействий антропогенных источников [42].

2.4 Выводы по второй главе

1. Особенности временных уровней экологического нормирования обусловлены необходимостью сочетать интересы отдельных производств радиэлектроники и приборостроения как природопользователей с долгосрочным экологическим интересом региона (бассейна) в целом для ТППК, а также необходимостью достижения перспективных экологических нормативов к определенному сроку. Связь экологических нормативов допустимого воздействия на экосистемы с показателями деятельности отдельных предприятий радиэлектроники и приборостроения и групп предприятий других областей промышленности на межотраслевом уровне позволяет обеспечить экологичность действующих производств.
2. Разработана концепция обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств, основанная на принципе управления системой по эколого-технологическим показателям и позволяющая

определить взаимосвязь технологического развития (техноёмкости) РПП с экологической ёмкостью природных территориальных экосистем. Основной целью концепции является соизмерение производственного и природного потенциалов на основе синергетического подхода. Научная гипотеза исследований представляется в виде совокупности общих идей и методов экологического нормирования с учетом принципов обеспечения экологической и техносферной безопасности на территориально-бассейновом уровне. Для реализации концепции необходима разработка методов, позволяющих обеспечить экологическое управление и полноценную совместимость между основными системами (техносферой, биосферой и техносферой), образующими ноосферу, не допуская превосходства техносферы над биосферой и экосферой. Главные результаты синергетики сводятся к использованию научно обоснованных идей и общих математических методов, опирающихся на применение компьютерного имитационного моделирования для обеспечения экологичности производственных систем и комплексов на междисциплинарной основе.

3. Разработанная концепция обеспечения экологичности приборостроительных и радиоэлектронных производств, базирующаяся на предложенном принципе управления по эколого-технологическим показателям позволяет:

- определять взаимосвязь инновационного развития радиоэлектронных и приборостроительных производств с экологической ёмкостью природных территориальных экосистем;
- формировать новую систему взглядов и эколого-технологического мышления с комплексным эколого-экономическим обоснованием природно-производственных систем;

- реализовать конкурентную стратегию развития РПП на региональном межотраслевом уровне в пределах региональных нормативов допустимых воздействий;
 - применять экономически обоснованный переход на наилучшие доступные технологии при территориально дифференцированном характере эколого-технологического нормирования с учетом различных ситуаций природопользования (нагрузкой, изменениями природы и социальноэкономическими последствиями);
 - соизмерять нормирование по показателям концентраций с нормированием по удельным сбросам и стимулирует совершенствование и разработку новых технологий.
4. Для структурирования определений технологического нормирования для промышленных производств и экологического нормирования для окружающей среды предложена категорийно-понятийная матрица территориального природно-производственного комплекса.
 5. Нормирование качества воды и антропогенной нагрузки на водные ресурсы ТППК на региональном уровне с учетом климатических, географических и гидрологических характеристик водных объектов бассейна требует использования современных программных средств на основе ГИС-технологий, позволяющих применить бассейновый принцип установления НДС для каждого субъекта ТППК.
 6. Предложенная геоинформационная структура информационно-программного эколого-технологического нормирования и геоинформационный моделирующий комплекс, базирующиеся на ГИС-технологиях и модели конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ, позволяют создавать интегрированные базы данных и базы знаний, включающие огромные информационные массивы. Сформированные на основе взаимосогласованности и устойчивости природных и производственных систем объединенные базы данных ТППК

решают задачи эффективного управления ТППК на краткосрочный и долгосрочный периоды, а также обеспечения экологичности и конкурентоспособности промышленных производств, за счет выявления и обоснования взаимовлияния нормативов допустимого воздействия и качества окружающей среды.

7. В соответствии с предложенной концепцией обеспечения экологичности РПП в рамках ТППК разработан метод гармонизации технологических и экологических нормативов для предприятий радиоэлектроники и приборостроения в рамках ТППК с учетом экологической емкости и многомерности совокупности природно-производственных комплексов, в основу которого положены результаты многолетних исследований и разработок по определению критериев распределения квот допустимой нагрузки потоков вещества, энергии и информации на межотраслевой основе в масштабах ТППК.
8. Гармонизация технологических и экологических нормативов определяется тремя уровнями эколого-технологических нормативов в соответствии с предложенной функциональной моделью ТППК, позволяющей увязать интересы всех субъектов на единой законодательной базе и обеспечивающей устойчивое экологически безопасное развитие РПП с учетом их технико-экономического состояния, взаимодействия с другими отраслевыми производствами и показателями качества окружающей среды.

Глава 3. Разработка методов оценки и прогнозирования уровня антропогенного воздействия с учетом определяющих показателей производственно-технологических процессов РПП

3.1 Обоснование уточненной номенклатуры эколого-технологических показателей РПП

3.1.1 Экологическая оценка и управление воздействиями промышленных производств на водные экосистемы

Комплексная гидроэкологическая оценка воздействия промышленных производств на водные объекты в рамках ТППК должна проводиться по следующим критериям (Рисунок 3.1.1):

- а) качество воды по соответствующим нормативам (санитарно-гигиеническим, рыбохозяйственным и т.д);
- б) динамика изменения качества воды под влиянием антропогенной нагрузки на водные объекты бассейнового ТППК;
- в) биоиндикация.

Гидроэкологическая оценка по санитарно-гигиеническим нормативам проводится по показателям, позволяющим обеспечить устойчивое функционирование экосистемы для обитания гидробионтов, таким как: прозрачность, концентрация биогенов и органики и другим. Кроме того, следует принимать во внимание процессы «цветения» воды (процесс самозагрязнения водного объекта) и биологического самоочищения [64].

В общем виде качество воды характеризуется по следующим частным параметрам:

- а) физические и химические характеристики, такие как:

- температура, соленость, проводимость, рН, цвет, взвешенное твердое вещество, всплывающее вещество, мутность, содержание масла и смазки и концентрация органических веществ, ХПК или БПК;

- факторы, связанные с эвтрофикацией, измеренные по растворенному кислороду, питательным веществам и хлорофиллу;

- вредные или токсичные вещества, включая аммиак, тяжелые металлы, ПХБ, ПАУ, пестициды и радионуклиды;

- индикаторы патогенных микроорганизмов и вирусов, например E.coli;

б) гидрологические характеристики, включая индикаторы, касающиеся течений, приливных течений, дренажа, эрозии, отложений наносов и других физических явлений;

в) характеристики донных отложений, характеризующиеся физическими, химическими и микробиологическими свойствами и составляющими, включая такие параметры, как размер частиц, рН, содержание органических веществ, питательные вещества, сульфид и токсичные вещества, такие как тяжелые металлы, пестициды и противорастворимые краски;

г) экологические показатели, включая флору и фауну, состоящую из бактерий, фитопланктона, зоопланктона, донных организмов, кораллов, моллюсков, рыб, мангровых зарослей, водно-болотных угодий и другой водной биоты.

Анализ качества воды для хозяйственно-питьевых нужд по экологическим показателям включает большее количество показателей. Таким образом, комплексная эколого-санитарная оценка качества воды водного объекта позволяет проводить оценку реальной и потенциальной ее пригодности и ценности для различного использования за счет включения эколого-токсикологических и радиоэкологических показателей, которые учитывают процессы трансформации и накопления опасных химических веществ [103].

Особая важность данных составных частей гидроэкологической оценки определяется мутагенным эффектом токсикантов и радионуклидов.

Гидроэкологическая оценка промышленных производств						
Эколого-санитарная характеристика качества воды						
	Биопродуктивность					
		Охрана представителей ценной и редкой флоры и фауны и ценных гидробиоценозов				
			Биопомехи			
				Гидропаразитологическая ситуация		
					Эколого-токсикологическая ситуация	
						Радиоэкологическая ситуация

Рисунок 3.1.1 – Критерии гидроэкологической оценки воздействия промышленных производств на водные объекты ТППК

Экологическая оценка включает также характеристику гидропаразитологической ситуации и ее возможного изменения под влиянием техногенных факторов. Возникает опасность распространения и увеличения численности паразитов, повышения уровня инвазии ими беспозвоночных, рыб, водоплавающих птиц, сельскохозяйственных животных и человека в связи с гидротехническим строительством, интенсификации их развития и увеличения паразитарных заболеваний с повышением температуры воды в водоемах-охладителях энергетических объектов, расширения видового состава и количества паразитофауны при опреснении солоновато-водных лиманов и в других случаях техногенного воздействия на водные объекты [106].

Одной из основных составляющих экологической оценки воздействия

функционирующего промышленного производства на водные объекты является мониторинг биопродуктивности, который включает вопросы воспроизводства водных биоресурсов и рыбопродуктивности. Не смотря на накопленный опыт и имеющиеся базы данных, до сих пор возникают просчеты в оценке воздействия, в прогнозировании качественного и количественного состава рыбного населения, миграционного и репродуктивного поведения некоторых ценных видов рыб при гидротехническом строительстве, обосновании и осуществлении мероприятий по их искусственному воспроизводству, интродукции и акклиматизации; происходит непредвиденное резкое увеличение численности, непроизвольная акклиматизация и расширение ареала малоценных и даже нежелательных видов рыб. При оценке воздействия технических объектов на состав ихтиофауны и рыбопродуктивность и обосновании рыбохозяйственных мероприятий следует учитывать не только положительный, но и отрицательный опыт формирования рыбного населения вновь создаваемых и реконструируемых водоемов и водотоков.

Следует изучить динамику численности, ареал, экологические особенности подлежащих охране объектов и разработать прогноз их возможных изменений, вплоть до полного исчезновения в результате воздействия гидротехнического строительства. Для редких и ценных гидробионтов опасность негативного воздействия может возникнуть не только в непосредственно затрагиваемых строительством водоемах и водотоках, но и в результате его косвенного влияния на водные объекты, прилегающие территории, в частности вследствие изменения гидрологического режима (обводнение, осушение).

Существующее или потенциальное полезное использование, чувствительное к загрязнению воды, должно включать, но не ограничиваться:

- районы, имеющие экологическую или природоохранную ценность, в том числе морские заповедники, существующие или планируемые морские парки и морские заповедники, участки особого научного интереса (УОНИ), существующие или предполагаемые парковые зоны и особые районы, водно-болотные угодья, мангровые леса и важные места обитания пресной

ВОДЫ;

- участки для питьевого водоснабжения;
- водопотребление для орошения и аквакультуры; нерестилища рыб, зоны выращивания рыб, место сбора / разведения моллюсков и пруды с солоноватой / пресноводной рыбой;
- пляжи и другие зоны отдыха;
- отбор воды для охлаждения, промывки и других промышленных целей;
- районы для навигации / доставки, включая приюты для тайфунов, пристани для яхт и парки.

Экологическая оценка должна опираться на концепцию ассимиляционной способности водоема и целей качества воды. Ассимиляционная способность будет варьироваться в зависимости от характеристик каждого объекта, а также от типа и количества сбросов или видов деятельности, или затронутых полезных целей. Количественная оценка ассимиляционной способности принимающей среды должна учитывать физические процессы, а также все химические, биохимические и биологические процессы.

При оценке техногенного воздействия должны учитываться как точечные, так и неточечные источники загрязнения воды. К неточечным загрязнителям относятся те вещества, которые могут попасть в принимающий водоем в результате городских или сельских стоков. Точечные источники связаны с конкретными выбросами из муниципальных или промышленных объектов.

Методология экологической оценки должна быть привязана к месту и виду деятельности. Структура оценки должна включать следующие элементы:

1. Идентификация воздействующих факторов, включающая в себя выявление и характеристику факторов воздействия, связанных с проектом. Информация должна основываться на конкретных особенностях проекта, включая изменения береговой линии и реки, строительные работы, такие как дноуглубительные работы и сброс, качество и количество сточных вод и тепловые сбросы, изменения в

землепользовании и дренаже, разливы нефти и химикатов, морские отходы, очистные сооружения и сточные воды, а также неточечные источники загрязнения. Особое внимание следует уделять деятельности или загрязнителям, которые приведут к обогащению питательными веществами, что приведет к эвтрофикации или структурным изменениям в биологическом сообществе, изменению батометрии, снижению способности к смыванию или ассимиляции, потере или изменению водных сред обитания.

2. Определение границ воздействия.

Важным первым шагом в оценке воздействия деятельности на водный объект является определение границ воздействия. Зона воздействия может быть разделена на ближнее поле и дальнее поле. Близкое поле включает зоны начального разбавления и смешивания и в основном определяется физическими процессами, такими как гидродинамические процессы. Дальнюю область определить труднее и зависит от транспорта воды, биологических процессов, геохимических процессов и физико-химических процессов. Оценка области воздействия должна проводиться на ранней стадии оценки, но, возможно, должна быть пересмотрена в свете информации, которая появляется в процессе оценки.

3. Базовое исследование включает описание существующего качества и количества (в зависимости от случая) принимающей водной среды с акцентом на качественные параметры, связанные с загрязнителями воды, возникающими в результате деятельности, и параметры, связанные с затронутыми полезными видами использования. Полевые исследования должны проводиться для дополнения существующей информации в ситуации, когда существующие данные устарели или недостаточны. Базовое исследование включает разработку программы обследования и отбора проб, которая должна охватывать аспекты метеорологических, геологических, гидрологических факторов, физико-химических характеристик, биологии и полезного

использования. Программы отбора проб для предоставления информации для оценки состояния окружающей среды должны быть тщательно разработаны для достижения поставленных целей и направлены на возможные проблемы. В базовом исследовании должны быть рассмотрены изменения, которые могут возникнуть в результате сезонных и климатических изменений, других природных изменений, таких как отложение осадков и экологическая преемственность, и воздействий других текущих или предлагаемых разработок в этом районе.

4. Прогнозирование и оценка воздействия.

При экологической оценке должны использоваться современные научные знания о переносе в ближнем и дальнем полях и рассеивании загрязняющих веществ в сочетании с моделированием и измерениями, полученными в ходе базового исследования. Должны быть рассмотрены как аспекты строительства, так и эксплуатации (или вывода из эксплуатации, в зависимости от обстоятельств) проекта. Оценка должна основываться на количественных методах, которые могут варьироваться от использования простых подходов к балансу массы до сложных компьютерных моделей. В ситуациях различной степени сложности и неопределенности полезны численные или вероятностные подходы к моделированию. Следует отметить, что использование моделей требует получения хороших всеобъемлющих исходных данных и данных мониторинга. Модели, которые должны быть выбраны, должны быть хорошо проверены и удовлетворительно откалиброваны и подтверждены полевыми данными. Возможности и подход моделирования должны соответствовать действующим государственным требованиям.

Оценка биологического воздействия должна включать уровень организма, а также сообщества или экосистемы. Факторы, регулирующие наличие и накопление и преобразование загрязняющих веществ должны быть рассмотрены.

Прогнозы предоставят информацию, которая может использоваться в

качестве основы для определения того, находятся ли водные ресурсы и полезное использование под угрозой, или что ассимиляционная способность будет превышена в результате реализации проекта.

Хотя прогнозированию воздействия может способствовать использование контрольных списков, матриц, блок-схем и анализов сетей, они не оценивают природу, величину или значимость воздействий.

5. Мероприятия по минимизации последствий воздействия.

Водоохранные мероприятия должны быть направлены на то, чтобы избежать, обратить вспять, минимизировать или компенсировать воздействие. Также следует рассмотреть возможность улучшения существующих условий. Принципы должны заключаться в том, чтобы предотвращать, а не исправлять, и устранять ущерб окружающей среде у источника. Подход должен состоять в том, чтобы минимизировать риск причинения вреда здоровью человека и экосистеме, минимизировать риск нарушения полезного использования, предотвратить загрязнение в источнике и применять наиболее подходящие технические решения для предотвращения и устранения проблем загрязнения.

6. Мониторинг.

Мониторинг проводится для сбора информации о соответствии нормативным требованиям и лицензионным требованиям, проверке модели и тенденциях. Мониторинг требуется всякий раз, когда существует неопределенность в отношении уровня, степени или продолжительности воздействий, или эффективности предлагаемых мер по смягчению. Мониторинг предоставляет информацию для процесса проверки и обратной связи, необходимую для проверки прогнозов и улучшения программы мониторинга, а также для обоснования любых последующих изменений в проекте.

При экологической оценки учитываются отдельные источники ТППК:

1. Сброс сточных вод.

Сточные воды должны быть предварительно очищены до уровней НДС, достаточных для защиты канализационной системы ниже по течению и от

принимающей воды. Воздействие ближнего и дальнего полей должны учитываться методами количественного моделирования. Модель для прогнозирования физических, химических и биологических процессов, которые определяют перенос и судьбу загрязняющих веществ, связанных с выбросами, должна включать начальное разбавление, эффекты стратификации, адвекции к берегу, отмирание кишечной палочки, истощение растворенного кислорода, растворение металлов, осаждение частиц, биохимическая конверсия и биоаккумуляция микроэлементов.

Сбросы во внутренние воды, где есть небольшие базовые потоки, чтобы обеспечить достаточное разбавление и рассеивание, как правило, должны быть обработаны как минимум до вторичного уровня. Однако вторичная обработка может привести к высоким уровням растворенных питательных веществ в форме, которая может стимулировать цветение водорослей, и может потребоваться дополнительная обработка для удаления питательных веществ. Вторичные или третичные очистные сооружения сложны и часто неисправны из-за проблем с эксплуатацией, ремонтом и техническим обслуживанием. Поэтому не рекомендуется использовать локальные системы очистки, и подключение к канализационным сетям, ведущее к муниципальной системе очистки, всегда является предпочтительным решением.

Загрязняющие вещества, вызывающие серьезную озабоченность, включают в себя плавучие вещества, патогенные микроорганизмы, твердые частицы, токсичные вещества и питательные вещества. Предсказуемость судьбы токсичных веществ в принимающем водоеме неопределенна, и контроль источника является единственным возможным средством контроля. Токсичные вещества, которые могут мешать или проходить через процессы обработки, должны быть устранены или контролироваться у источника. Отходы, содержащие патогенные микроорганизмы, должны сбрасываться на достаточном расстоянии от места сбора моллюсков, марикультуры, пляжей и других зон, контактирующих с водой. Использование дезинфекции должно быть тщательно оценено, так как

оно может привести к увеличению токсичности сточных вод и иметь свои негативные последствия для морской среды. Если дезинфекция хлорированием неизбежна,

Средства для обработки и удаления на площадке должны включать в себя адекватные и надлежащие резервные и другие положения для предотвращения и сведения к минимуму поломок установок, для содействия быстрому ремонту и во избежание прохода сброса отходов. Отводной отвод, предназначенный для преодоления возникающей ситуации, должен располагаться как можно дальше от чувствительных приемников.

Для сбора отходов, сбрасываемых в общественную канализацию, что является наиболее предпочтительным подходом, воздействие на расположенные ниже по течению общественные канализационные сооружения, очистные сооружения и очистные сооружения должно оцениваться следующим образом:

- оценка должна охватывать все объекты сбора, очистки и удаления сточных вод, затронутые проектом. Фактический объем будет зависеть от качества и количества сбрасываемых сточных вод, пропускной способности канализационных систем, а также от ассимиляционной емкости и целей качества воды принимающих водоемов;
- оценка должна учитывать сбросы сточных вод в те же рассматриваемые канализационные системы из всех существующих источников, а также запланированные и запланированные разработки, которые должны быть осуществлены в те же сроки проекта;
- прогнозирование, оценка и оценка воздействий должны основываться на действующих нормативно-правовых документах;
- емкость очистных и очистных сооружений и чувствительность принимающих водоемов могут ограничивать качество и количество сточных вод, которые могут сбрасываться в канализационную систему, и это может сделать неприемлемым подключение проекта к ближайшей канализационной системе. В таких обстоятельствах потребуется

подключение к канализационным системам за пределами водосборного бассейна, где расположен проект, или обработка и утилизация на месте;

- сброс сточных вод не должен приводить к перегрузке или ухудшению условий эксплуатации какого-либо сооружения для сбора, очистки или удаления сточных вод.

2. Волнорезы, мелиорация и другие работы, связанные с изменениями береговой линии.

Оценка должна быть сосредоточена на воздействии на общее снижение ассимиляционной способности затронутых каналов потока, гидрологии, седиментологии и качества воды водоема позади и снаружи сооружений. Моделирование должно использоваться для количественной оценки этих эффектов. Конструкции должны быть спроектированы таким образом, чтобы избежать застоя воды, предотвратить попадание и накопление загрязняющих веществ от сбросов отходов и загрязненного стока в зонах с плохой промывкой, а также предотвратить накопление и загрязнение отложений.

3. Дноуглубительные работы.

Имитационное моделирование может использоваться для определения как краткосрочной, так и долгосрочной судьбы отложений. Размер шлейфа зависит от типа используемого оборудования для дноуглубительных работ, количества взвешенных отложений и гидродинамических условий на участках. Природа отложений является первым фактором, который необходимо учитывать при прогнозировании суспензии отложений. Когда в осадке присутствуют токсичные или вредные компоненты, химические эффекты важны и должны быть устранены. Загрязняющие вещества в отложениях должны быть определены и проанализированы с помощью объемных испытаний донных отложений. В некоторых особых обстоятельствах может потребоваться оценка таких эффектов, как токсичность и биоаккумуляция. Принцип работы с загрязненными отложениями состоит в том, чтобы свести к минимуму возмущения и изолировать их от контакта с водной средой. В максимально возможной степени следует

избегать выемки загрязненных отложений, и перед выемкой грунта следует проводить обследование и отбор проб загрязнения донных отложений. Предложение по удалению грязи должно включать детальную оценку характеристик отложений, объективное сравнение всех альтернатив для удаления и тщательный выбор площадки и методов удаления, тщательный выбор метода и оборудования для выемки грунта. В максимально возможной степени следует избегать выемки загрязненных отложений, и перед выемкой грунта следует проводить обследование и отбор проб загрязнения донных отложений. Предложение по удалению загрязнений должно включать детальную оценку характеристик отложений, объективное сравнение всех альтернатив для удаления и тщательный выбор площадки и методов удаления, тщательный выбор метода и оборудования для выемки грунта. В максимально возможной степени следует избегать выемки загрязненных отложений, и перед выемкой грунта следует проводить обследование и отбор проб загрязнения донных отложений. Предложение по удалению бытовых отходов и мусора должно включать детальную оценку характеристик отложений, объективное сравнение всех альтернатив для удаления и тщательный выбор площадки и методов удаления, тщательный выбор метода и оборудования для выемки грунта.

4. Опасные химические вещества.

Токсичные вещества можно классифицировать по пяти подкатегориям: а) неметаллические неорганические токсиканты (например, аммиак, цианид); б) тяжелые металлы и субметаллические неорганические вещества (например, ртуть, кадмий); в) легко разлагаемые органические токсиканты (например, летучие фенолы, бензол); г) тугоплавкие органические вещества (например, ДДТ, ПХБ, ПАУ); и е) радионуклиды. Методы оценки потенциальных рисков для здоровья человека включают критические пути, конкретные действия и подходы к балансу массы. Все эти подходы требуют детального знания источников, транспорта, диффузии, времени промывки, поглотителей и т. д., чтобы можно было рассчитать вероятные концентрации в системе и, в конечном итоге, воздействие

на здоровье человека. Воздействие токсичных веществ на экологические системы оценить сложнее, чем воздействие на здоровье человека. Однако эти два метода включают в себя одни и те же фундаментальные принципы. Основные элементы, которые следует учитывать при оценке риска для экологического здоровья, включают в себя типы стресса, уровень экологической организации, тип экосистемы, пространственные и временные масштабы, в которых возникает эффект беспокойства. Оценка должна быть направлена на количественную оценку маршрутов, трансформаций и источников токсичных веществ, высвобождаемых в водную среду, определение биодоступности и биоаккумуляции токсичных веществ и определение взаимосвязи между воздействием токсичных загрязняющих веществ и их воздействием. Однако эти два метода включают в себя одни и те же фундаментальные принципы. Основные элементы, которые следует учитывать при оценке риска для экологического здоровья, включают в себя типы стресса, уровень экологической организации, тип экосистемы, пространственные и временные масштабы, в которых возникает эффект беспокойства. Оценка должна быть направлена на количественную оценку маршрутов, трансформаций и источников токсичных веществ, высвобождаемых в водную среду, определение биодоступности и биоаккумуляции токсичных веществ и определение взаимосвязи между воздействием токсичных загрязняющих веществ и их воздействием. тип экосистемы, пространственные и

временные масштабы, в которых возникает эффект беспокойства. Анализ должен быть направлен на количественную оценку маршрутов, трансформаций и источников токсичных веществ, высвобождаемых в водную среду, определение биодоступности и биоаккумуляции токсичных веществ и определение взаимосвязи между воздействием токсичных загрязняющих веществ и их воздействием. тип экосистемы, пространственные и временные масштабы, в которых возникает эффект беспокойства. Оценка должна быть направлена на количественную оценку маршрутов, трансформаций и источников токсичных веществ, высвобождаемых в водную среду, определение биодоступности и биоаккумуляции токсичных веществ и определение взаимосвязи между воздействием токсичных загрязняющих веществ и их воздействием.

Наиболее эффективный и жизнеспособный подход заключается в снижении у источника количества этих веществ, попадающих в канализацию или сбрасываемых в воды окружающей среды. Четырьмя основными альтернативами контроля источников являются предотвращение загрязнения, предварительная обработка, утилизация и повторное использование.

5. Неточечные источники загрязнения и ливневые стоки.

Точечные или диффузные источники включают все входные данные, которые не являются точечными источниками. Оценка должна быть направлена на выявление всех источников, включая эрозию со строительных площадок; сток с городских территорий; эрозия с сельскохозяйственных угодий, дорог; сток с животноводческих ферм; сток с земель, загрязненных удобрениями, пестицидами и гербицидами; и атмосферное осаждение. Прогнозирование последствий может быть сделано с помощью моделей диффузного загрязнения, начиная от простых статистических процедур и моделей скрининга до более сложных непрерывных моделей. Эти модели диффузного загрязнения имитируют образование и движение воды и ее загрязнения от источников до точек сброса в принимающую воду,

Стратегия контроля загрязнения не из точечных источников заключается в

предотвращении или сведении к минимуму вероятности попадания загрязняющих веществ в результате дождя или стока. Наиболее распространенные меры по сокращению источников включают устранение целесообразных соединений, предотвращение незаконного сброса отходов, покрытие зон хранения химических веществ, предотвращение и локализацию разливов, минимизацию применения химикатов, очистку водосборного бассейна, контроль эрозии и контроль землепользования. Устройства, предназначенные для контроля загрязнения в дренажной системе, включают минимизацию непроницаемых участков, соединенных напрямую, предоставление ласточек, фильтровальных полос, инфильтрационных бассейнов и траншей, мест содержания под стражей и искусственных водно-болотных угодий.

В общем виде процесс сбора исходных данных для экологической оценки воздействия промышленных производств на водные объекты бассейнового ТПК представлен на Рисунке 3.1.2.

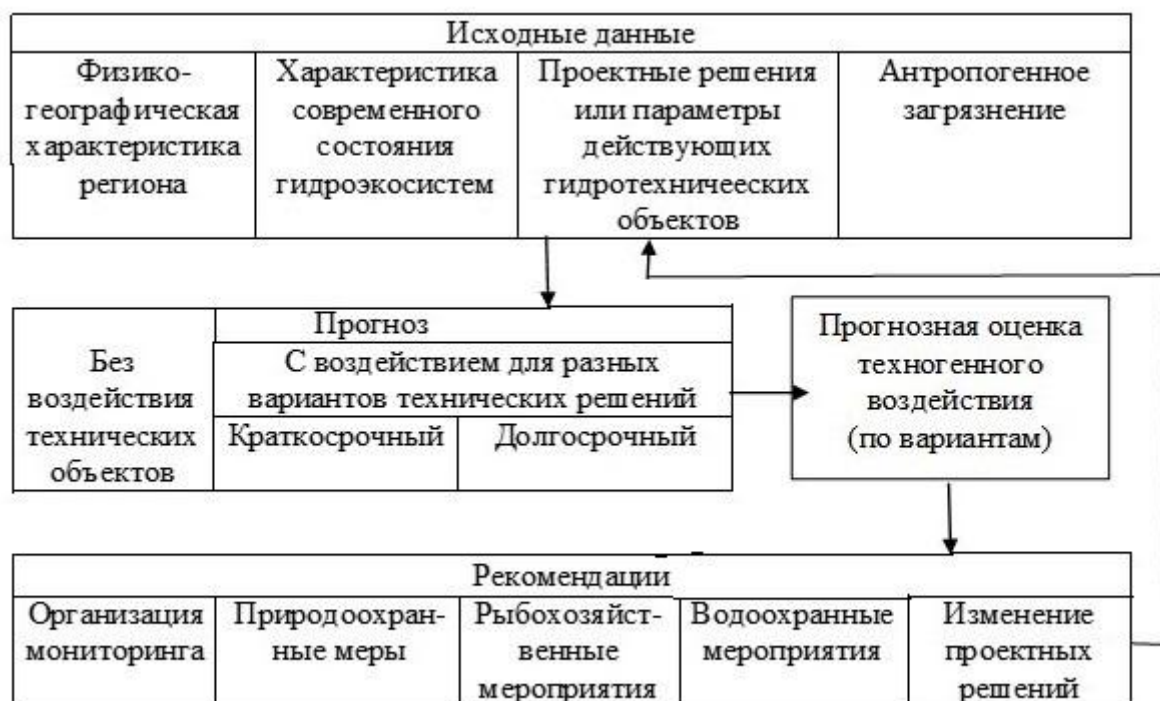


Рисунок 3.1.2 - Схема проведения экологической оценки воздействия промышленных производств на водные объекты бассейна ТПК

Гидроэкологический прогноз должен учитывать пространственный аспект и выполняться не только локально для акваторий, непосредственно прилегающих к техническим объектам, но и на максимально удаленных участках (например, вниз по течению реки), где возможно воздействие общехозяйственного и строительства промышленных производств. На основании разработанного прогноза производится оценка экологической допустимости строительства по всему комплексу критериев.

При положительном результате осуществляется выработка рекомендаций по рациональному использованию водоемов и водотоков; формулирование экологических требований, направленных на предотвращение или максимальное ограничение возможных отрицательных последствий, разрабатывается комплекс водоохранных мероприятий, а также система мер по охране природных объектов. Очень важным при экологической оценке технических объектов является выработка комплексных рекомендаций, согласованных по всем ее разделам с учетом смежных областей (экономической, социологической и других). При этом требования, рекомендации и мероприятия могут существенно различаться для разных вариантов инженерных решений. Для получения информации об оправданности прогноза и обеспечения своевременной корректировки в процессе осуществления экологической оценки, необходимо предусмотреть организацию мониторинга на подвергающихся воздействию водных объектах.

На Рисунке 3.1.3 представлены методы, используемые при разработке проектов строительства и/или реконструкции технических объектов и оценки их воздействия на разных этапах формирования проекта.

Прежде всего, *на первом этапе* оценки воздействия должен быть определен состав и объем необходимой исходной информации из проектных данных и технических решений, гидроэкологических материалов, полученных на самом водном объекте и объектах-аналогах, а также сведений из смежных областей знаний (географический, геологический, водоохранный и другие аспекты). Важным методическим условием, учитывая комплексность гидроэкологической

оценки воздействия, является унификация требований относительно метода выборки, временного периода, пространственных границ водных объектов в целом и отдельных участков, усреднения во времени и пространстве.

Основными методическими подходами при получении исходной информации являются: сбор существующих данных о водном объекте, подвергнутом воздействию, и об объектах-аналогах; выбор сведений о конструктивных и технологических параметрах, которые оказывают влияние на гидроэкосистемы, из характеристик производственных и энергетических объектов (действующих и проектируемых); проведение натурных наблюдений и постановка целенаправленных экспериментальных исследований. Для получения исходных данных широко используется метод аналогий, который позволяет судить о тенденциях развития гидроэкосистем во времени без техногенного воздействия, а также оценить направленность и степень влияния строительства промышленных производств на водоемы и водотоки ТППК.

При правильном выборе аналога метод аналогий предоставляет в распоряжение исследователей неоценимые материалы. К сожалению, в большинстве случаев прямой единственный аналог - водный объект в сочетании с однотипным видом техногенного воздействия - подобрать не удастся. Поэтому приходится использовать материалы о нескольких объектах-аналогах, сопоставление и объединение которых требует творческого подхода квалифицированных специалистов, имеющих опыт работы на данной категории водных экосистем. В противном случае метод аналогий может оказаться неэффективным или же дать отрицательные результаты.

При анализе литературной информации, материалов натурных наблюдений и экспериментальных исследований должны широко применяться методы математической статистики, поскольку для оценки воздействия в большинстве случаев требуются усредненные данные и обобщенные закономерности.



Рисунок 3.1.3. Методы задачи проведения экологической оценки воздействия промышленных производств ТППК на различных этапах разработки проекта

Обычно в результате сбора и анализа литературных данных выясняется, что они недостаточны для ответа на вопрос о воздействии техногенных факторов на гидроэкосистемы. Возникает необходимость организации натуральных полевых наблюдений на преобразуемых водоемах и водотоках, и водных объектах-аналогах, а также постановки целенаправленных экспериментов в природе и лаборатории. Последние необходимы для установления количественных связей и

определения коэффициентов, описывающих зависимости абиотических и биотических параметров водных экосистем и их изменения под воздействием техногенных факторов. До настоящего времени количественному изучению взаимосвязей в водных экосистемах уделялось недостаточное внимание, вследствие чего нередко не представляется возможным применить расчетные методы. Особенно это касается оценки воздействия конструктивных и технологических параметров на гидробиоценозы.

На втором этапе оценки воздействия строительства технических объектов на водные объекты ТППК проводится гидроэкологический прогноз методами экспертных оценок и математического моделирования.

Данные методы используются в том или ином сочетании в зависимости от степени изученности и неопределенности явления или процесса. Важное место в гидроэкологическом прогнозировании занимает метод аналогий, который позволяет использовать все методические подходы, в том числе применить математические методы к описанию тех процессов, которые достаточно глубоко (и количественно) изучены на природных объектах [103].

Преимущество расчетных методов (математического моделирования, экстраполяции) состоит в том, что с их помощью можно получить более точные результаты. Однако их точность определяется исходной информацией, которая далеко не всегда является достаточной и надежной, особенно если прогноз выполняется на отдаленную перспективу. В таких условиях расчетные методы могут дать существенное искажение результатов. Поэтому их применение требует глубокого анализа исходной информации и конечных данных. Разработаны различные методы определения неточности прогноза, которые позволяют проанализировать степень его надежности и величину возможных отклонений. Несмотря на это, следует подчеркнуть, что неопределенность увеличивается с введением каждого нового параметра, а также с возрастанием временного интервала, на который делается прогноз. Важно также выявление последствий, не поддающихся прямому количественному выражению. Должны быть высказаны

соображения о степени возможных отклонений от прогнозируемых величин. Необходимым условием разработки прогноза является установление коэффициента запаса воздействия. Эти вопросы решаются методом экспертных оценок.

Практически всегда результаты, полученные расчетными методами, нуждаются в проверке специалистов-гидробиологов и корректировке на уровне экспертных оценок. Важно, чтобы при расчетах по математическим моделям не было потеряно представление об адекватности данных или допущений природным, или техногенным процессам, протекающим в водных объектах. Экспертные оценки, проводимые квалифицированными специалистами, в настоящий момент и в обозримом будущем не могут быть полностью заменены расчетными методами. В гидроэкосистемах существуют такие элементы или взаимосвязи, которые в данный момент нельзя выразить количественно. Поэтому применение математических моделей при гидроэкологическом прогнозировании не всегда возможно.

Оценочный анализ воздействия техногенных объектов на природную среду (*третий этап*) в силу своей сложности и многогранности требует применения всего арсенала методов как экспертных оценок, так и расчетных (экстраполирования, математического моделирования). Они дополняют и корректируют друг друга, составляя в целом основу для принятия решения.

В настоящее время разрабатываются различные методы количественной оценки качественных изменений экосистем под воздействием техногенных факторов. Распространенными методами являются использование шкал качественного ранжирования (1-5, 10 или 100) или оценки в баллах. Однако они требуют критического подхода к целесообразности их применения в каждом конкретном случае, исходя из их адекватности поставленным задачам и информативности. Во многих случаях при описании изменений качественных процессов приходится ограничиваться лишь указанием на ухудшение (или улучшение) или отсутствие изменений качеств водных экосистем в целом, или их

отдельных компонентов. В таких случаях возможно ранжирование по шкале качества типа «хороший - лучший - наилучший»; «худший – плохой - наихудший»; «приемлемый - неприемлемый» и т. п.

Для обобщенной оценки показателей воздействия иногда применяют единую опорную шкалу показателей, используя для этого определенную систему ранжирования с введением весовых коэффициентов, отражающих значимость показателей. Однако применение данного методического приема требует осторожности в связи с чрезмерной формализацией оценки, неизбежной в процессе придания качественным характеристикам количественной формы.

Методы оценки влияния строительства промышленных производств на водные объекты ТППК основываются на сравнении результатов воздействия с современным состоянием и с тенденциями изменений экосистем без воздействия.

Номер оценке влияния техногенных факторов на водные объекты методически очень важным, а иногда решающим является выбор показателей воздействия. Набор показателей должен быть оптимальным, не слишком большим, затрудняющим его практическое использование, и вместе с тем информативным, позволяющим адекватно и достаточно полно оценить воздействие на водные экосистемы. Чаще всего для оценки используются показатели стандартов по качеству воды и других нормативных документов. На этих показателях основываются методы расчета водоохранных мероприятий. Однако они не позволяют оценить все многообразие возможных последствий техногенных воздействий на экосистемы и недостаточны для природоохранных целей. Необходимо использовать более широкий набор показателей состава и свойств воды, структурно-функциональной организации биотических компонентов, а также абиотических параметров, ответственных за процессы формирования качества воды, биопродуктивности и состояние гидроэкосистемы в целом, на основе применения экологических классификаций.

Важным методическим вопросом при оценке воздействия является использование интегральных или обобщенных показателей. С одной стороны,

этот прием, несомненно, позволяет облегчить задачу оценки, поскольку увеличивает ее конкретность и снижает затраты труда и времени на ее осуществление, с другой — он связан с неизбежной потерей информации, что в конечном итоге создает затруднения при принятии решения. Оценка воздействия техногенных факторов на экосистемы водных объектов должна производиться таким образом, чтобы можно было судить о каждом воздействии отдельно. Это создает предпосылки для большей гибкости в принятии решений, так как могут быть пересмотрены те воздействия, которые наносят наибольший ущерб. Вместе с тем интегрирование показателей оценки может скрыть какое-либо существенное воздействие или отнести его на счет другого фактора.

На четвертом этапе для разработки рекомендаций по предотвращению или устранению отрицательных последствий воздействия и оптимизации и пользования водных объектов при гидротехническом и энергетическом строительстве одним из основных методов является метод аналогий, учитывающий опыт эксплуатации однотипных водоемов и водотоков в сходных условиях.

Перспективным методом для выработки рекомендаций является составление нормативного прогноза. При этом задаются необходимые конечные условия о качестве воды, биопродуктивности, охране природы и разрабатываются средства их достижения на основе управления воздействием техногенных факторов на водные экосистемы.

Важным методическим условием при разработке рекомендаций является организация мониторинга, который позволяет осуществить обратную связь, необходимую для корректировки рекомендаций и обеспечения управляемости системы — техногенные факторы водные объекты. Таким образом, возможно сочетание задач комплексного использования водоемов и водотоков при гидротехническом строительстве и охране природы.

Для принятия решений имеют значение методы представления материалов (*пятый этап*), определяющие их форму, суть и доступность восприятия.

Основными требованиями являются четкость изложения, адекватность выводов и рекомендаций. Обычно основным документом является отчет, в котором материалы о воздействии представлены достаточно полно. Отчет должен быть дополнен рисунками, схемами, таблицами.

Как правило, кроме отчета составляется сводная записка, аннотированный отчет, конспект или другие документы, освещающие вопрос о воздействии технического объекта на водные экосистемы в сжатой и конкретной форме, необходимой для представления в различные министерства и ведомства, в директивные органы.

Удобной формой представления материалов по отдельным аспектам воздействия могут быть таблицы, схемы, диаграммы, позволяющие наглядно оценить ситуацию или сопоставить варианты технического объекта.

Для этого, например, может быть использован метод ранжирования (в баллах) альтернативных вариантов в пределах категорий воздействия.

Результаты оценки воздействия промышленного, коммунального, гидротехнического и энергетического строительства на водные объекты могут в обобщенном виде послужить основой для нормативных документов. В этом случае они должны быть оформлены в виде их проектов.

Оптимизация использования и охраны водных объектов при воздействии на них строительства промышленного объекта достигается с помощью различных средств управления, применение которых позволяет свести к минимуму отрицательные последствия вмешательства в природную среду и максимально улучшить экологическую ситуацию на водоемах и водотоках. Управление воздействием на водные объекты ставит перед собой задачи улучшения качества воды, повышения биопродуктивности (в том числе рыбопродуктивности), предотвращения биологических помех, охраны водных экосистем или их компонентов. Оно базируется на знании закономерностей функционирования гидроэкосистем и использует принципы экологической регуляции [71]. В его основу должны быть положены экосистемные механизмы, определяющие

структурно-функциональные особенности биоценозов, ответственные за процессы формирования качества воды и биопродуктивности.

Средствами управления, как правило, являются конструктивные и технологические параметры технических объектов, которые представляют собой компоненты или определяют другие компоненты абиотической части экосистемы, обуславливающей функционирование ее биоты и круговорот веществ в ней. Необходимо, чтобы реализуемые с помощью технических средств механизмы управления воздействием не вступали в противоречия с естественными и использовали кибернетическую природу экосистем, управляющие функции которой сосредоточены внутри нее и диффузны.

Для осуществления управления воздействием необходимо глубокое понимание и количественная оценка взаимоотношений гидробионтов и их сообществ с техногенными параметрами, которые должны рассматриваться в данном случае как экологические факторы и как средства управления.

К таким техногенным факторам относятся: наличие и режим работы промышленных производств, морфометрические параметры (конфигурация поперечного сечения водотока, глубина, площадь мелководной зоны и другие), режим и объем пропусков сточной воды через очистные сооружения, а также скорость течения, температурный режим, освещенность, если они регулируются с помощью технических средств и могут использоваться в качестве средств управления.

Кроме средств управления воздействием, связанных непосредственно с характеристиками технического объекта, для данной цели создаются специальные инженерные сооружения и технологии, основанные на применении естественных механизмов контроля экосистем. К таким сооружениям можно отнести биоплато, устройства для дестратификации озер и водохранилищ, к технологиям — скоростной и уровенный режимы водных объектов, режим попусков воды через плотину при зарегулировании рек. Сооружения такого типа можно назвать экоинженерными, а технологические режимы эксплуатации — экотехнологиями,

т.е. технологиями, использующими экосистемные механизмы управления.

Важным фактором для управления воздействием на водные экосистемы является предотвращение загрязнения их сточными водами не только вследствие промышленного строительства, но и поступающими со всей водосборной площади. В этом случае следует учитывать, что загрязнение различными стоками усиливает отрицательное влияние техногенных факторов на функционирование гидробионтов.

Мероприятия по управлению воздействием на водные экосистемы должны быть предусмотрены и реализованы во время проектирования, строительства и эксплуатации технических объектов. При проектировании - это правильный выбор конструктивных решений и технологии эксплуатации, а также разработка дополнительных специальных природоохранных сооружений. В период строительства необходимо соблюдение природосберегающих технологий, а при эксплуатации - осуществление всего объема принятых в проекте требований и при необходимости дополнительных гидроэкологических рекомендаций.

Следует учитывать, что не все природоохранные требования могут быть четко ограничены определенными количественными показателями, поскольку ряд изменений гидроэкосистем трудно поддается (или не поддается вообще) количественному выражению. В связи с этим экологические требования и рекомендации могут быть установлены в некотором интервале величин.

В настоящее время при промышленном строительстве ужесточаются требования по охране природы. В перспективе эти требования должны усилиться в связи с увеличением масштабов и усложнением воздействия антропогенных факторов на водные экосистемы. Поэтому оценка ущерба природе от строительства, преобладавшая ранее, и его частичная компенсация не может признаваться достаточной. При оценке изменений акценты приоритетности также смещаются в сторону значительно большего внимания природоохранным аспектам.

Гидроэкологические требования, пути и средства управления

разрабатываются по каждому разделу оценки воздействия. На этой основе формулируются обобщенные комплексные рекомендации с учетом системы предпочтений.

Выполнение требований, предъявляемых к качеству воды, обеспечивается водоохранными мерами в рамках ТППК и управлением процессами формирования качества воды в водоемах и подтоках, включая реализацию внутриводоемных водоохранных сооружений, устройств и мероприятий. Охрана вод на прилегающих территориях направлена на предотвращение поступления загрязнений со сточными водами извне; внутриводоемные средства управления сориентированы на усиление процессов самоочищения, предотвращение биологического загрязнения или ограничение его последствия.

Ввод в эксплуатацию водоохранных сооружений до начала промышленного строительства является одним из основных условий обеспечения нормативного качества воды.

В эколого-токсикологическом и радиоэкологическом аспектах основным требованием является предотвращение поступления загрязняющих веществ (пестицидов, фенолов, нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, тяжелых металлов, радионуклидов) извне (с водосборной площади), а также в процессе эксплуатации коммунальных, промышленных, гидротехнических и энергетических объектов. Для интенсификации процессов самоочищения от загрязняющих примесей в водоемах и водотоках необходимо создание специального гидрологического режима, обеспечивающего седиментацию и захоронение взвешенных веществ, предотвращение взмучивания и переотложения донных осадков, а также использование биофильтрационной активности сообществ гидробионтов (высших водных растений, моллюсков и других).

Для ограничения биологических помех, которые могут вызвать затруднения в работе гидротехнических и энергетических объектов, важны скорость течения воды, которая препятствует массовому развитию гидробионтов, причиняющих биопомехи (погруженные растения, нитчатые водоросли, моллюск дрейссена),

площадь мелководий, конфигурация поперечного сечения, глубина, характер ложа, наличие облицовок и других твердых субстратов. При необходимости следует предусмотреть мероприятия и устройства по борьбе с обрастанием дрейссеной гидротехнических сооружений, энергетических агрегатов, трубопроводов с помощью различных моллюскоцидов: хлорирование, применение азотных удобрений с последующим выпуском их на поля и другие.

3.1.2 Моделирование управления качеством воды в водотоках

Классификация моделей

Существует два основных метода создания моделей: аналитический и машинно-экспериментальный [86].

Аналитический метод может быть детерминистическим (связанным с изучением тех или иных функциональных уравнений) или вероятностным (связанным с использованием теории вероятностей и теории случайных функций).

Построение моделей машинно-экспериментальным методом состоит в том, что система реализуется при помощи программных средств, с учетом всего множества предполагаемых взаимодействий внутри системы, соответствующих реальной ситуации. Машинный розыгрыш позволяет судить об интегральной картине явления, так как при моделировании поведения системы можно учесть не только внутренние, но и изменяющиеся внешние факторы.

В дальнейшем рассматриваются оба метода создания моделей для решения проблемы качества воды в системах водных ресурсов. Суть задачи заключается в следующем. Водный объект представляет собой многомерную многосвязную систему, поэтому представляется маловероятным, чтобы какая-нибудь одна модель могла удовлетворить все запросы пользователей.

В параграфе 3.2 детально описана построенная структура различных типов моделей, основанная на типизации водных объектов и схематизации процессов переноса и превращения веществ, которая позволила создать иерархию

специальных видов моделей для разных целей вместо единой всеохватывающей модели качества воды. Для решения инженерных задач принята трехуровневая структура (планировочный, проектный и оперативный), которая совмещается с количественными моделями расхода воды (Рисунок 3.1.4). Особенность такого подхода заключается в том, что для оценки большого числа потенциальных решений и выделения среди них небольшого числа решений, приближающихся к наиболее дешевым, разрабатываются модели планирования. Их применение связано с существенным ограничением количества входов системы, т.е. ограничением числа рассматриваемых деталей.



Рисунок 3.1.4 - Классификация моделей количества и качества воды по уровням

Такой подход показан на рисунке 3.1.5. На следующей стадии проектирования каждое из рекомендованных на этапе планирования решений должно быть проанализировано заново, но уже со значительно большими подробностями, чем ранее.

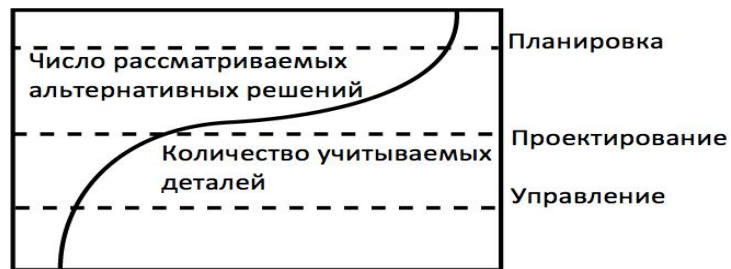


Рисунок 3.1.5 - Зависимость диапазона и детальности различных классов моделей

Модели проектирования качества воды водных объектов предназначены для оценки долгосрочной работы системы (в смысле нахождения для каждого уровня качества воды вероятности его появления в критических точках системы). Эти модели позволяют подтвердить или исправить сделанные на этапе планирования допущения.

В соответствии со структурой (Рисунок 3.1.4) на оперативном этапе рассматриваются лишь внедряемые системы (на основе экономической оптимизации).

Модели управления должны определить стратегию управления системой для достижения оптимального функционирования (технико-экономическая оптимизация). Если некоторые из ранее сделанных допущений при детальном изучении окажутся бездоказательными, то может потребоваться возврат к предыдущим этапам.

Модели планирования

Модели планирования позволяют оценить большое число возможных программ капиталовложений. Обычно их входами служат требования к системе, сформулированные в виде прогнозируемых потребностей в воде, а также капитальные затраты и затраты на перекачку и обработку воды для различных частей системы. Для больших систем при определении оптимального (в смысле

стоимости) или близких к нему решений, удовлетворяющих заданным требованиям, необходимо применять методы поиска.

Для уменьшения затрат при рассмотрении большого числа альтернативных решений модели планирования предусматривают простые оценочные процедуры, основанные на среднегодовых значениях параметров качества воды.

Модели планирования в большинстве случаев детерминированные.

Кроме того, они являются простыми стационарными моделями и не могут учесть какие-либо естественные флуктуации параметров качества воды.

Рассмотрим применение модели планирования. Водный объект рассматривается как приемник очищенных стоков, потенциальный источник воды для общественных нужд и как место обитания рыб, кроме того, река используется для отдыха. Задача состоит в нахождении такой программы капиталовложений с минимальной чистой стоимостью для целого диапазона состояний качества воды, которая бы удовлетворяла этим требованиям. Процесс идентификации такой модели состоит из пяти этапов.

Первый этап представляет в основном процедуру расчета качества воды по N рассматриваемым параметрам. Здесь сравниваются среднегодовые объемы сброса стоков и связанные с ними концентрации загрязнителей (весовой расход стоков) с соответствующими концентрациями загрязнителей в речной системе. Если предполагается, что ошибки измерения малы, то можно определить степень естественного самоочищения различных участков реки.

Второй этап прогноза позволяет сделать оценки величин забора воды и возврата стоков на заданный период в будущем. При этом предполагается, что останутся неизменными как объемный расход реки, так и скорость процессов естественного самоочищения. Для каждого стока допускается один из трех различных стандартов обработки, каждый из которых характеризуется своим капитальными затратами и затратами на эксплуатацию. Точно также для каждой точки забора воды из реки существует диапазон капитальных вложений и затрат на эксплуатацию, зависящий от качества воды в этой точке.

Качество речной воды в каждой точке водозабора прогнозируется с помощью стационарной модели, в граничные условия которой входят объемы сброса загрязнений в реку выше по течению.

Таким образом, с любой заранее заданной комбинацией схем очистки стоков и схем забора речной воды могут быть сопоставлены соответствующие затраты (в денежном выражении). Все денежные выгоды (полученные в результате улучшения рыбного хозяйства, рекреационного использования и т.д.), связанные с повышением качества речной воды, также учитываются, компенсируя отчасти стоимость рассматриваемого решения.

Если в рассматриваемой системе, например, порядка 100 входов, соответствующих лишь основным стокам, то при такой постановке может получиться огромное число альтернативных решений.

Третий этап представляет поиск с помощью динамического программирования. В частности, для рассматриваемой задачи находятся и просчитываются до следующей речной станции, расположенной ниже по течению, самое большое - 30 альтернативных состояний, покрывающих весь диапазон качества воды. Таким образом, никакое другое решение, кроме самого дешевого для каждого данного состояния реки, не применимо к этой речной станции.

Кроме того, в модели не предполагается, что запросы каждого центра потребления воды могут быть удовлетворены только из одной системы, в ней рассматриваются разные варианты внутренних связей между различными центрами потребления и источниками, а также возможности транспорта воды от источников, расположенных в соседних водосборных бассейнах.

Четвертый этап размещения позволяет выбирать самый подходящий вариант распределения связей посредством изъятия тех из них, стоимость которых самая большая, при условии, что не будет ухудшено водоснабжение рассматриваемого центра. Изъятие одной из связей должно привести к

перераспределению потоков в остальной части системы, что делает необходимым автоматический пересчет предыдущих этапов.

Пятый этап определения капиталовложений предусматривает для разработки программы развития изучение соответствующих учетных или чистых затрат для оптимальных схем. Самые дешевые решения могут служить входами модели распределения региональных капиталовложений.

Модели проектирования.

Результатом решения задачи на первом уровне (планирование) является отбор небольшого числа наиболее дешевых решений, близких к оптимальным. На втором уровне (проектирование) требуется более детальная верификация отобранных на первом уровне вариантов с целью отыскать оптимальное решение.

Модели проектирования должны учитывать естественные флуктуации показателей качества воды и характеристик потоков, при необходимости даже ежедневные. Упрощенные операционные правила, с помощью которых производится управление системой, должны относиться не только к количественным ограничениям, таким, как поддержание заданного объемного расхода, но также и к ограничениям на качество воды.

Модели проектирования в основном предназначены для оценки долгосрочного функционирования систем водоснабжения.

Следует иметь в виду, что для получения достоверных прогнозов требуется большое количество реальных или синтезированных входных данных. Поэтому модели должны быть сравнительно просты, так как каждая итерация дорога соотносительно с затратами машинного времени.

В настоящее время в основном пользуются простыми детерминистическими имитациями. Однако модели учитывают эффекты запаздывания и ослабления, которые наблюдаются при прохождении через систему элемента объема воды. Случайные флуктуации задаются через входные данные.

В моделях проектирования необходима совместимость данных о течении и качестве воды и сохранение всякой природной взаимосвязи между ними. Как

показали исследования, объемный расход речной воды и качество воды слабо коррелируют.

С другой стороны, если рассмотреть речную систему из двух накачиваемых накопительных водохранилищ, то для нее можно добиться улучшения качества воды, за счет ее количества. При этом, последствие учета параметров качества воды не всегда очевидны.

Модели оперативного управления

Оперативные модели позволяют прогнозировать состояние системы на небольшой период времени в будущем. Для получения прогноза объемного расхода и качества воды, на основании которого могут быть приняты решения об управлении, оперативная модель использует данные о прошлом и настоящем состояниях системы в качестве входной информации.

Способность выработать управляющее решение может быть свойством, присущим самой модели.

Степень перемешивания с прижимающим потоком является удобным средством выбора между различными существующими в настоящее время оперативными моделями качества воды.

1. Если процесс перемешивания отсутствует, то в модели решается дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = f_1 \left[\frac{\partial C(x,t)}{\partial x}, C(x,t) \right] \quad (3.1.1)$$

2. Если процесс перемешивания происходит частично, то в модели решается следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial f} = f_2 \left[\frac{\partial^2 C(x,f)}{\partial x^2}, \frac{\partial C(x,t)}{\partial x}, C(x,f) \right] \quad (3.1.2)$$

$$x_0 \leq x \leq x_f; t_0 \leq t \leq t_f$$

3. При процессе полного перемешивания, в модели применяется уравнение с запаздыванием T_d для учета эффекта распространения между двумя пространственными точками X_0 и X_1 :

$$\frac{\partial C(x_1, t)}{\partial t} = f_3 [C(x_1, t), C(x_0; t - T_d)] \quad (3.1.3)$$

$$0 < t < t_f$$

В этих уравнениях:

t - независимая переменная времени;

x - независимая переменная расстояния;

C - вектор зависимых переменных концентраций;

f_1, f_2, f_3 - вектор-функции указанных переменных;

x и x_j - пространственные границы системы;

t_0 и t_f – интервалы времени функционирования.

Несмотря на то, что теоретически уравнение (3.1.2) представляется наиболее подходящим для описания динамики системы, некоторыми авторами показано, что более простая модель с сосредоточенными параметрами, основанная на уравнении (3.1.3), дает вполне приемлемые данные по величинам БПК и РК.

Степень сложности модели может быть ограничена применяемыми вычислительными средствами. Кроме того, существуют способы улучшить прогнозирующую способность модели без структурного изменения базисной модели. Известно, что расхождение между наблюдаемыми и предсказанными значениями очень редко оказываются случайными; это указывает на наличие остаточной информации, неучтенной в модели. Обычно эти остаточные члены можно моделировать с помощью временных рядов. Получающаяся в результате математическая модель расхождений включается в детерминистический прогноз для учета суммарного эффекта недостатков структуры детерминированной модели. Этот способ успешно применялся для прогноза объемного расхода рек.

Характеристика исходных данных для моделей различного типа

Каждый тип приведенных выше моделей имеет свои собственные требования на входные данные по качеству воды с точки зрения длины записи и частоты сбора проб.

Для моделей планирования, где требуются только среднегодовые значения параметров качества воды. Практически временные ряды всегда будут представлять собой малые выборки, но очевидно, что уверенность в их репрезентативности увеличивается с ростом длины записи.

Модели проектирования требуют не только большей продолжительности данных во времени, но также и более частого сбора проб, чем модели планирования. Измерение с частотой один раз в сутки или в пять суток могли бы помочь выделить из случайных отклонений любую авторегрессионную компоненту, присутствующую в наблюдаемых флуктуациях. Кроме того, идеальная частота сбора данных может зависеть от вида и размера накопителя.

Оперативные модели предъявляют к входным данным совершенно другие требования. Для проверки модели на адекватность достаточно уже нескольких лет сбора данных. Для сбора и обработки таких данных с требуемой частотой их сбора становится необходимым применение автоматических станций контроля.

3.1.3 Детерминированные модели качества воды водных объектов

Выявлено, что устойчивость водного объекта к ассимиляции является самой значительным фактором для обеспечения качества воды, другими словами качество воды в природных водных объектах определяется способностью воды к разложению загрязнителей, попадающих в водную среду со сточными водами и жидкими отходами.

Рассмотрим модели, которые более или менее точно объясняют это явление. С этой целью необходимо выделить те физические величины, на которые можно было бы опираться при определении качества речной воды. Однако в этом случае приходится сталкиваться с большими трудностями как из-за разнообразия форм загрязнения (сбросы органического происхождения, загрязнение химическими веществами, радиоактивность, термозагрязнение, патогенные

бактерии и др.), так и из-за различных последствий, связанных с загрязнением (гибель флоры и фауны, влияние на земледелие, запахи и др.).

В связи с этим, на первом этапе рассмотрим модели, целиком абстрагированные от динамики различных компонентов экосистемы растительного и животного происхождения (биота), т.е. когда такие компоненты стационарны во времени.

Обобщенная модель формирования качества воды

Рассмотрим бесконечно малый участок реки dx . Пусть x - расстояние, отделяющее данное поперечное сечение водотока от исходного сечения. Баланс массы осуществляется на участке реки между сечениями $x+dx$. Площадь поверхности поперечного сечения реки, являющаяся обычно функцией времени и пространства, обозначается в дальнейшем через $\Omega(x,t)$, тогда как расход (объемный) через сечение x в момент t обозначается через $Q(x,t)$. Обозначая через $Q_i(x,t)$, $Q_{af}(x,t)$ и $Q_e(x,t)$ расходы (на единицу длины), выражающие соответственно инфильтрацию подземных вод, боковые притоки и испарение, принцип сохранения массы воды на элементарном участке можно показать схемой (рисунок 3.1.6.)

Поскольку $Q(x+dx, dt) = Q(x,t) + \frac{\partial Q}{\partial x} dx$ и при условии, что изменение объема воды за время dt есть $\frac{\partial \Omega}{\partial t} dx dt$, получим

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} dx dt = Q dt - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \right) dt + (Q_i + Q_{af} - Q_e) dx dt,$$

или иначе:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial \Omega}{\partial t} = Q_i + Q_{af} - Q_e \quad (3.1.4)$$

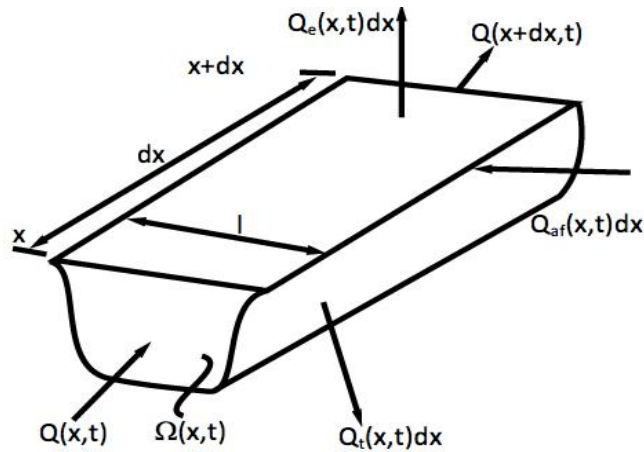


Рисунок 3.1.6. - К выводу уравнения баланса массы

В дальнейшем уравнение 3.1.4 будет использовано для появления как в уравнении энергетического баланса, так и в уравнениях баланса массы неконсервативного вещества и растворенного кислорода члена $\partial u/\partial x + \partial \Omega/\partial t$, который будет замещен членом $Q_i + Q_{af} - Q_e$. Предполагаем, что существует локальная взаимосвязь $\Omega = \Omega(x, Q)$, позволяющая преобразовать уравнение 3.1.4 в дифференциальное уравнение с одним неизвестным $Q(x, t)$.

Рассмотрим вывод уравнения сохранения энергии для элементарного участка реки (рисунок 3.1.7). Обозначим $T(x, t)$ - абсолютную температуру воды в сечении x в момент t , расход $Q(x, t)$ связан с производительностью $\rho C_p T(x, t) Q(x, t)$, где ρ и C_p представляют собой плотность и удельную теплоемкость воде, в то время как расходы $Q_i(x, t)$ и $Q_{af}(x, t)$ связаны с производительностями (на единицу длины) $\rho C_p T_i(x, t) Q(x, t)$ и $\rho C_p T_{af}(x, t) Q(x, t)$, если через $T_i(x, t)$ и $T_{af}(x, t)$ обозначены абсолютные температуры соответственно инфильтрующихся подземных вод и бокового притока.

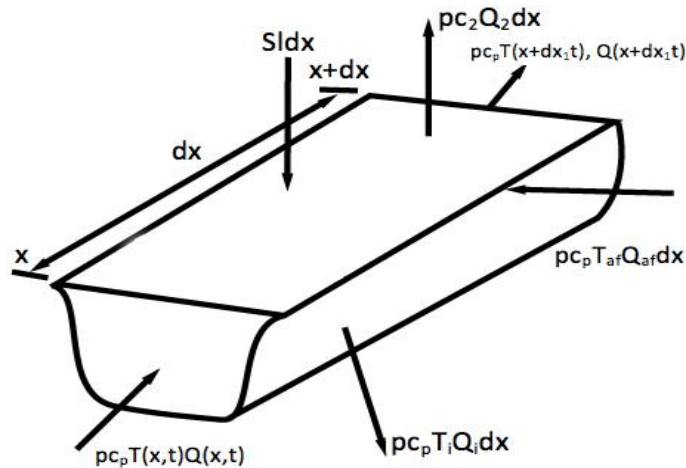


Рисунок 3.1.7. - К выводу уравнения сохранения энергии

В отличие от этого поток энергии, обозначенный через S' , связан не с транспортом вещества, а с поглощенной энергией солнечной радиации qs -энергией, передаваемой воде посредством излучения и в процессе конвективного теплообмена. Для определения этого потока S можно воспользоваться следующим уравнением:

$$S = q_s + \sigma(\beta T_{at}^4 - eT^4) + K'\omega(T_{at} - T), \quad (3.1.5)$$

где σ - постоянная Стефана-Больцмана;

β - коэффициент облачности;

T_{at} - абсолютная температура воздуха;

T - температура водной эмиссии;

K' - принятый показатель конвекции;

ω - скорость ветра.

Величина $\rho C_e Q_e dx$ представляет собой величину энергии, необходимую для образования условий испарения $Q_e dx$, константа C_e - скрытая теплота испарения. Расход испаренной жидкости Q_e зависит от температуры воды и метеорологических условий окружающего воздуха. Величину Q_e можно найти по следующей классической формуле:

$$Q_e = K'' \omega [e_s(T) - e_{aT}(T_{aT}, \omega, \dots)], \quad (3.1.6)$$

где K'' - соответствующая константа;

$e_s(T)$ - интенсивность испарения воды при температуре;

e_{aT} - давление водных паров в атмосфере.

На рис. 7 отображены не все возможные энергетические потоки, например, не указан возможный теплообмен водной среды с руслом реки и теплообразование в результате трения при перемещении жидкости.

В некоторых случаях эти величины нельзя было бы не принимать во внимание.

Поскольку изменение энергии на элементарном участке за время dt выражается как $C_p \frac{\partial(\Omega T)}{\partial t} dx dt$, принцип сохранения энергии можно представить в виде (l - ширина водотока):

$$\rho C_p \frac{\partial(\Omega T)}{\partial t} dx dt = \rho \left[Q_i - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} dx \right) \left(T + \frac{\partial T}{\partial x} dx \right) + Q_i T_i dx + Q_{af} T_{af} dx \right] C_p dt + S l dx dt + \rho C_l Q_l dx dt$$

$$\text{Учитывая, что } \frac{\partial(\Omega T)}{\partial t} = \Omega \frac{\partial T}{\partial t} + T \frac{\partial \Omega}{\partial t}$$

$$\text{и определяя скорость } v(x, t) \text{ как } v(x, t) = \frac{Q(x, t)}{\Omega(x, t)}$$

Находим

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v \frac{\partial T}{\partial x} = - \frac{Q'}{\Omega} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} \right) T + (Q_i T_i + Q_{af} T_{af} + \frac{C_l}{C_p} Q_l + \frac{sl}{\rho C_p}).$$

Возвращаясь затем к уравнению 4 и полагая, что $Q_i + Q_{af} - Q_e = Q'$ получаем следующее уравнение в частных производных:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v \frac{\partial T}{\partial x} = - \frac{Q'}{\Omega} + \frac{1}{\Omega} (Q_i T_i + Q_{af} T_{af} + \frac{C_l}{C_p} Q_l + \frac{sl}{\rho C_p}) \quad (3.1.7)$$

в котором члены Q_l и s зависят от T , как это показано в уравнениях 3.1.5 и 3.1.6.

Далее перейдем к рассмотрению принципа сохранения массы вещества. С целью более простого описания физико-химических и биохимических процессов примем ряд упрощающих гипотез: а) в реке постоянно и на всей ее

протяженности существуют аэробные условия; б) в реке отсутствуют ингибиторы роста популяций бактерий; в) неконсервативное вещество равномерно распределено в каждом поперечном сечении реки (это подразумевает рассмотрение задачи как одномерной); г) можно пренебречь влиянием дисперсии и диффузии в продольном направлении (вещество, разлагаемое под действием бактерий, распространяется в реке только благодаря переносу течением реки).

С учетом изложенного выше построено дифференциальное уравнение в частных производных для БПК. Количество разлагаемого под действием бактерий вещества, поступающего в выбранный участок (рисунок 3.1.8) через сечение x в единицу времени, составляет $Q(x,t)C_{\text{БПК}}(x,t)$, а количество вещества, выходящего через сечение $x+dx$, составляет $Q(x+dx)C_{\text{БПК}}(x+dx)$.

Поскольку потоки инфильтрации подземных вод и испарения не имеют БПК, они не входят в баланс, тогда как значение БПК, представленное величиной $Q_{\text{af}}(x,t)C_{\text{БПКaf}}(x,t)+dx$, поступает от притоков. К этому последнему числу необходимо добавить $M(x,t)dx$ учитывающей все иные случаи возникновения БПК (поступление органических веществ из внешней среды за счет отмирания биомассы представителей гидрофлоры и фауны и др.)

Член $K_{\text{sed}} C_{\text{БПК}} dx$ учитывает явление седиментации веществ, подверженных биохимическому окислению, в русло реки.

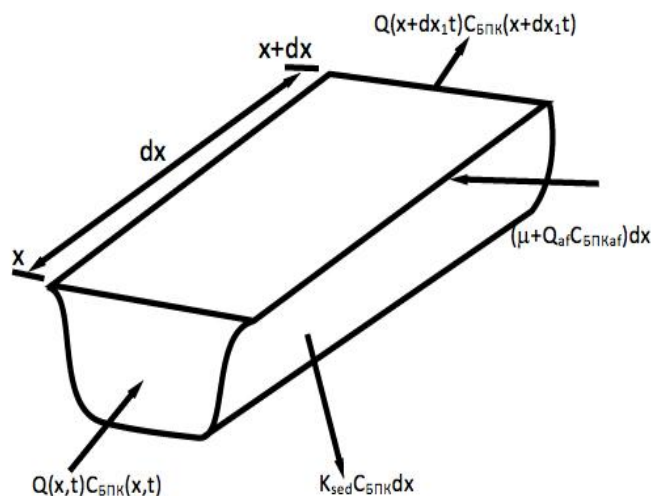


Рисунок 3.1.8. - К выводу уравнения сохранения массы неконсервативного вещества

Таким образом, изменение БПК на элементарном участке (рисунок 3.1.8) в интервале времени dt , выражено как $\frac{\partial(\Omega l_{\text{БПК}})}{\partial t} dxdt$. Принцип сохранения массы (которого в этом случае следовало бы придерживаться, учитывая количество подверженного окислению вещества $K_c dxdt$, действительно окисленного за время dt) устанавливает, что

$$\frac{\partial(\Omega C_{\text{БПК}})}{\partial t} dxdt = \left[QC_{\text{БПК}} - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} dx \right) (C_{\text{БПК}} + \frac{\partial C_{\text{БПК}}}{\partial x} dx) \right] dt + (M + Q_{af}) dxdt - K_{sed} C_{\text{БПК}} dxdt - K_c dxdt$$

Член K_c зависит, как правило, не только от состава и концентрации вещества, разлагаемого под действием бактерий, но также и от концентрации $C_{O_2}(x,t)$ растворенного в воде кислорода и температуры самой воды, т.е.

$$K_c = K_c(C_{\text{БПК}}, C_{O_2}, T) \quad (3.1.8)$$

Учитывая уравнение 4 и полагая как обычно $Q_i + Q_{af} - Q_e$ и $v(x,t) = \frac{Q(x,t)}{\Omega(x,t)}$ можно получить следующее уравнение в частных производных:

$$\frac{\partial C_{O_2}}{\partial t} + v \frac{\partial C_{O_2}}{\partial x} = - \frac{Q' + K_{sed}}{\Omega} C_{O_2} - \frac{K_0}{\Omega} + \frac{M + Q_{af} C_{O_2,af}}{\Omega}, \quad (3.1.9)$$

которое в конструктивном отношении представляет собой тот же тип уравнения, что и уравнение 3.1.7.

Баланс растворенного в воде кислорода. Поступая аналогично тому, как это было сделано для БПК, можно составить уравнение в частных производных описывающее изменение во времени и пространстве величины $C_{O_2}(x,t)$. Согласно рисунку 3.1.9 предполагается, что боковые притоки являются носителями растворенного кислорода ($Q_{af} C_{af} dx$) и испарение и инфильтрация подземных вод не осуществляют кислородного обмена.

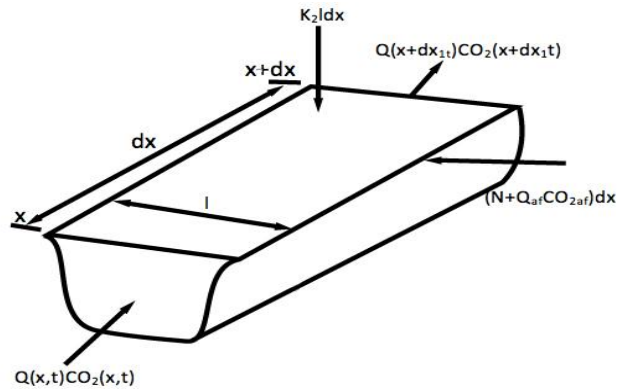


Рисунок 3.1.9. - К выводу уравнения кислородного баланса

В отличие от этого, член Ndx учитывает образование кислорода на выбранном участке реки благодаря протеканию фотосинтеза и дыханию бактерий и других растительных и животных видов, а также в результате искусственной аэрации. В конечном итоге, поступление кислорода $K_2l dx$ происходит в результате явления естественной реаэрации, величина коэффициента K_2 обычно принимается пропорциональной дефициту кислорода: $\Delta(x,t) = C_{O_2}^{np}(T) - C_{O_2}(x,t)$, где $C_{O_2}^{np}$ представляет собой концентрацию насыщения кислородом воды при температуре T . Кроме того, коэффициент пропорциональности K_0 между K_2 и Δ также является функцией температуры, как и условий турбулентности воды и воздуха.

В заключение можно записать:

$$K_2(x,t,T) = K_a(T)C_{O_2}^{np}(T) - C_{O_2}(x,t). \quad (3.1.10)$$

Далее приходим к следующему дифференциальному уравнению:

$$\frac{\partial C_{O_2}}{\partial t} + v \frac{\partial C_{O_2}}{\partial x} = -\frac{Q'}{\Omega} C_{O_2} - \frac{K_c}{\Omega} + \frac{K_2 l + N + Q_{af} C_{af}}{\Omega}, \quad (3.1.11)$$

в котором член K_c/Ω , присутствующий также в уравнении 9, представляет собой количество кислорода, необходимое для окисления неконсервативных веществ.

Частным случаем рассмотренных выше процессов для участка реки является случай, в котором баланс массы и энергии необходимо выразить

относительно точки, тогда наблюдается «сосредоточенное» явление. Типичным примером является случай слияния водотоков (рисунок 3.1.10):

$$Q=Q_1+Q_2, T=\lambda_1 T_1+\lambda_2 T_2, C_{\text{БПК}}=\lambda_1 C_{\text{БПК}_1}+\lambda_2 C_{\text{БПК}_2}, C_{O_2}=\lambda_1 C_{O_2_1}+\lambda_2 C_{O_2_2}$$

$$\text{при } \lambda_1 = \frac{Q_1}{Q_1+Q_2}, \lambda_2 = \frac{Q_2}{Q_1+Q_2}.$$

Еще более простым является случай, в котором имеется точка раздвоения, поскольку из четырех смысловых величин Q , T , $C_{\text{БПК}}$, C_{O_2} только первая изменяется в процессе раздвоения. Если допустить интегрируемость (численным, аналитическим методом или моделированием) четырех дифференциальных уравнений 3.1.4, 3.1.7, 3.1.9, 3.1.11, можно путем вычисления найти БПК и РК в любой момент и в любой точке водной сети при отсутствии циклов на ее графе, интегрируя вышеприведенные уравнения по длине различных входящих в систему участков и в порядке, в котором они следуют друг за другом от выбранной выше по течению начальной точки до определенной точки в нижнем течении.

Например, для схемы (рисунок 3.1.11) интегрируется система дифференциальных уравнений на участках 1 и 2, чтобы затем найти в точке слияния "δ" баланс массы и энергии, что определит краевые условия, необходимые для выполнения интегрирования на участке 3. Проведя затем интегрирование на участке 4, переходим к новому сосредоточенному балансу в точке слияния "δ", что позволит интегрированием участка 5, завершить вычисления во всей водной сети.

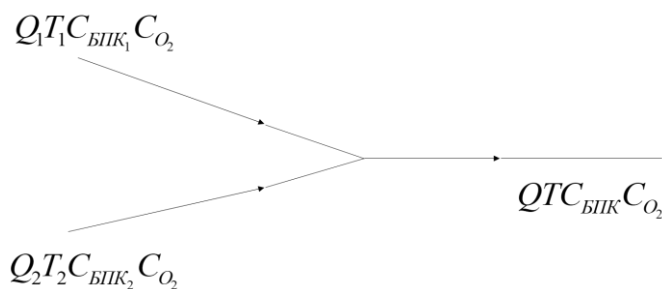


Рисунок 3.1.10. - Схема слияния водотоков

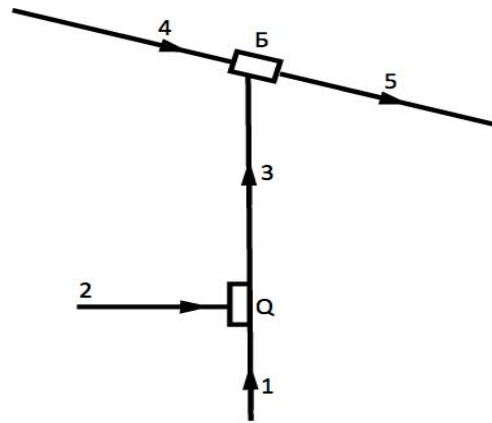


Рисунок 3.1.11. - Участок гидрографической сети

Для удобства численного решения или моделирования полученных выше уравнений представим их в виде системы:

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = Q_i + Q_{af} - Q_e(T) \quad (3.1.12a)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v \frac{\partial T}{\partial x} = -\frac{Q'(T)}{\Omega} T + \frac{1}{A} (Q_i T_i + Q_{af} T_{af} + \frac{C_1}{C_p} Q_l(T) + \frac{s(T)l}{\rho C_p}), \quad (3.1.12б)$$

$$\frac{\partial C_{БПК}}{\partial t} + v \frac{\partial C_{БПК}}{\partial x} = -\frac{Q'(T) + K_s C_{БПК}}{\Omega} - \frac{K_c (C_{БПК} C_{O_2} T)}{\Omega} + \frac{M + Q_{af} C_{БПК}^{af}}{\Omega}, \quad (3.1.12в)$$

$$\frac{\partial C_{O_2}}{\partial t} + v \frac{\partial C_{O_2}}{\partial x} = \frac{Q'(T)}{\Omega} C_{O_2} - \frac{K_c (C_{БПК} C_{O_2} T)}{\Omega} + \frac{K_2(T)l + N + Q_{af} C_{O_2}^{af}}{\Omega} \quad (3.1.12г)$$

Эту систему дифференциальных уравнений в частных производных можно проинтегрировать с помощью численных методов, которые позволяют в удобном виде представить дискретно как время, так и пространство. Более совершенные методы получаются при использовании различного типа вычислительных средств (цифровых, аналоговых или гибридных).

Анализ структуры обобщенной модели

При обосновании наиболее подходящих методов интегрирования системы уравнений 3.1.12 рассмотрим кратко ее структуру.

На рисунке 3.1.12 приведен график рассматриваемой системы, на котором изображены «связи», существующие между различными уравнениями системы. Из этого графика видно, что не существует ни одного уравнения, которое можно интегрировать отдельно от других, потому что на графике не существует ни одной угловой точки, в которую не входили бы дуги.

Однако существует возможность решения подсистемы, состоящей из первых двух уравнений, в которых не участвуют члены $C_{\text{БПК}}$ и C_{O_2} . Решив эту подсистему, можно затем проинтегрировать подсистему, состоящую из уравнений 3.1.12в и 3.1.12г, после чего становятся известными зависимости $\Omega(k,t)$, $\nu(k,t)$, $T(k,t)$. Таким образом, задача распадается на две менее сложные, которые решаются последовательно одна за другой.

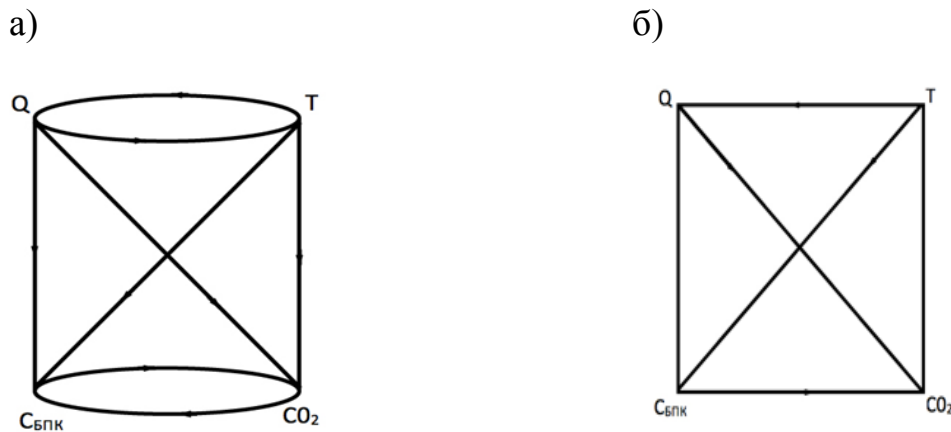


Рисунок 3.1.12 а) схема связи между уравнениями 3.1.12,

когда $Q(T) = Q_e$, $K_c(C_{\text{БПК}}, C_{O_2}, T) = K_c(C_{O_2}, T)$;

б) схема связи между уравнениями в случае

$$Q_e(T) = Q_e K_c(C_{\text{БПК}}, C_{O_2}, T) = K_c(C_{\text{БПК}}, T)$$

В практических задачах часто отсутствует явная зависимость интенсивности испарения Q_i от температуры воды T (т.е. эта зависимость не принимается во внимание в балансе водной массы, расход на испарение мал по

сравнению с другими расходами), зависимость величины K_c от величины C_{O_2} . В этих случаях график на рисунке 3.1.12а преобразуется в график на рисунке 3.1.12б.

Здесь уже существует узловая точка, в которую дуги не входят (узловая точка Q), означающая, что соответствующее уравнение 3.1.12а может быть решено независимо от других. Получив функции $\Omega(x,t)$, $Q(x,t)$ и $v(x,t)$, можно теперь решить второе уравнение 3.1.12, а следовательно 3.1.12в и 3.1.12г.

Уравнение 3.1.12а, как отмечалось выше, проинтегрируется только в сочетании с другими уравнениями. Это осуществимо и в том случае, когда приняты определенные допущения. Например, гипотеза о стационарном водном режиме, которая позволяет принять $\partial\Omega/\partial t=0$, а Q_i , Q_e и Q в уравнении 3.1.12а независимыми от времени величинами, в результате чего это уравнение примет

вид: $\frac{\partial Q}{\partial x} = Q_i + Q_{af} - Q_e$ и его решение будет

$$Q(x) = Q(0) + \int_0^x [Q_i(\xi) + Q_{af}(\xi) - Q_e(\xi)] d\xi$$

Зная площади поверхностей $\Omega(x)$ в каждой точке, можно получить таким образом скорость $v(x) = Q(x)/\Omega(x)$, которая также оказывается величиной, независимой от времени. В случае периодически изменяющейся во времени скорости, которая наблюдается в приливных участках водотоков, где воздействуют приливы и отливы, имеем зависимость: $v(t) = V \sin \omega t$.

Для эстуариев или для участков рек, которые испытывают на себе такие влияния снегов, используется зависимость вида: $v(x,t) = v(x) + V \sin \omega t$.

Если априорно принять один из указанных случаев, уравнение 3.1.12а еще нельзя будет интегрировать, но, если принять далее гипотезу о значительной аэробности среда (K_c не зависит от C_{O_2}) три уравнения 3.1.12б, 3.1.12в и 3.1.12г можно последовательно интегрировать, причем довольно экономично с вычислительной точки зрения.

Любое из трех уравнений принимает типовой вид:

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} + v(x,t) \frac{\partial u(x,t)}{\partial x} = f(x,t,u) \quad (3.1.13)$$

Задача Коши для уравнения (3.1.13) сводится к нахождению решения $u=u(x,t)$, $0 \leq x \leq X$, $0 \leq t \leq T$, которое удовлетворяет краевым условиям:

$$u(0,t)=u_c(t), \quad 0 \leq t \leq T \quad (3.1.14a)$$

и начальным условиям

$$u(0,x)=u_c(x), \quad 0 \leq x \leq X \quad (3.1.14b)$$

Предположив, что известны краевые условия $u_c(t)$, в сечении $X=0$ можно было бы провести непрерывные измерения температуры, БПК и уровня РК, тогда как предположить известными начальными условиями – значит предположить возможность получения «фотографии» температуры, БПК и содержание РК на всем рассматриваемом участке реки. Определение начальных условий является поэтому намного более сложной операцией, чем определение граничных условий, тем более, что почти во всех реальных ситуациях начальные условия неизвестны и, следовательно, проблему, строго говоря, нельзя представить в виде задачи Коши. Поэтому рассмотрим эту задачу лишь как первое приближение.

Некоторые типовые модели

Периодически изменяющийся расход воды и постоянная нагрузка БПК.

Исходные данные: расход сточных вод q_1^{ct} состав стоков $C_{БПК1}^{ct}$ и $C_{O_2}^{ct}$, состав речной воды большое насыщение кислородом, $C_{БПК}^{pеч} = 0$, расход воды колеблется $Q(t)=Q_1+\Delta Q \cos \omega t$. Тогда в точке введения ($X = 0$) имеем:

$$Q(t)=Q_1+\Delta Q \cos \omega t \quad (Q=Q+q^{ct}), \quad C_{БПК_c}(t) = C_{БПК}(Q,t) = \frac{q C_{БПК}^{cm}}{Q + \Delta Q \cos \omega t},$$

$$C_{O_2_c}(t) = C_{O_2}(Q,t) = \frac{q^{cm} C_{O_2}^{cm} + (Q_2 + \Delta Q \cos \omega t) C_{O_2s}}{Q + \Delta Q \cos \omega t}.$$

Колебания расхода вызывают изменения скорости, а также изменение сечения. Для упрощения выкладок положим, что сечение практически остается постоянным во времени, т.е. $\Omega(t)=const$. Тогда $v(x,t) = \bar{v} + \Delta v \cos \omega t$.

В связи с этим уравнение $\frac{dx}{dt} = v(x, t)$ принимает вид $\frac{dx}{dt} = \bar{v} + \Delta v \cos \omega t$ и имеет в качестве решения ($x(f)=Q$, что вытекает из [$x(\tau)=0$, $u(\tau)=u_c(\tau)$]) следующее выражение:

$$x(f) = v(t - \tau) + \frac{\Delta v}{\omega} (\sin \omega t - \sin \omega \tau) \quad (3.1.15)$$

Если на исследуемом участке реки не принимать во внимание величину инфильтрации бокового притока и испарения ($Q = 0$), а также явление седиментации ($K_{sed} = 0$), распределенную величину БПК ($M=0$) и образование

кислорода ($N=0$), уравнения $\frac{dC_{БПК}}{dt} = f_{БПК}(C_{БПК}, T, x, t)$ принимают вид $\frac{dC_{O_2}}{dt} = f_{O_2}(C_{O_2}, C_{БПК}, T, x, t)$

$$\frac{dC_{БПК}}{dt} = -\frac{K_c(C_{БПК})}{\Omega},$$

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = -\frac{K_c(C_{БПК})}{\Omega} + \frac{K_2 C_{БПК}}{\Omega} (C_{O_2}^{np} - C_{O_2})$$

Полагая теперь, что если бы член $K_c(C_{БПК})$ оказался пропорциональным концентрации $C_{БПК}$, т.е. $K_c(C_{БПК}) = K_c C_{БПК}$, мы получили бы

$$\frac{dC_{БПК}}{dt} = -K_1 C_{БПК} \quad (3.1.16a)$$

$$\frac{d(C_{O_2}^{np} - C_{O_2})}{dt} = K_1 C_{БПК} - K_2 (C_{O_2}^{np} - C_{O_2}), \quad (3.1.16б)$$

где константы K_1 и K_2 довольно легко найти.

Решение уравнения (3.1.16a) имеет вид:

$$C_{БПК}(t) = C_{БПК}(\tau) e^{-K_1(t-\tau)} \quad (3.1.17)$$

Решение (3.1.16б) имеет вид:

$$C_{O_2}^{np} - C_{O_2}(t) = (C_{O_2}^{np} - C_{O_2}(\tau)) e^{-K_2(t-\tau)} + \int_0^t e^{-K_2(t-\xi)} K_1 C_{БПК}(\xi) d\xi \quad (3.1.18)$$

Подставляя (3.1.17) в (3.1.18), получим:

$$C_{O_2}^{np} - C_{O_2}(t) = [C_{O_2}^{np} - C_{O_2}(\tau)] e^{-K_2(t-\tau)} + \frac{K_2}{K_2 - K_1} C_{БПК} [e^{-K_1(t-\tau)} - e^{-K_2(t-\tau)}] \quad (3.1.19)$$

Для получения полного решения в уравнение (3.1.17) и (3.1.19) вводятся начальные условия $[x(\tau)=0, u(\tau), 0<\tau<T]$, которые в данном случае имеют вид:

$$C_{\text{БПК}}(\tau) = \frac{q_1^{cm} C_{\text{БПК}}^{cm}}{Q + \Delta Q \cos \omega \tau}$$

$$C_{O_2}(\tau) = \frac{q_1^{cm} C_{O_2}^{cm} + (Q_2 + \Delta Q \cos \omega \tau) C_{O_2s}}{Q + \Delta Q \cos \omega \tau}$$

Поступив так, можно считать решение вполне определенным.

На Рисунке 3.1.13 приведено решение $C_{\text{БПК}}(x, t)$.

Из Рисунка 3.1.13 видно, что при больших значениях t и x величина БПК очень невелика. В отличие от этого, при рассмотрении конкретного сечения исследуемого участка реки величина БПК периодически колеблется во времени (кривая $C_{\text{БПК}}(\tau)$), но при более низких значениях БПК. Для заданного момента t величина БПК уменьшается по мере увеличения x (кривая (а) на Рисунке 3.1.13). Аналогичные соображения можно привести в отношении растворенного кислорода, который стремится возвратиться к состоянию насыщения по мере удаления от начального сечения.

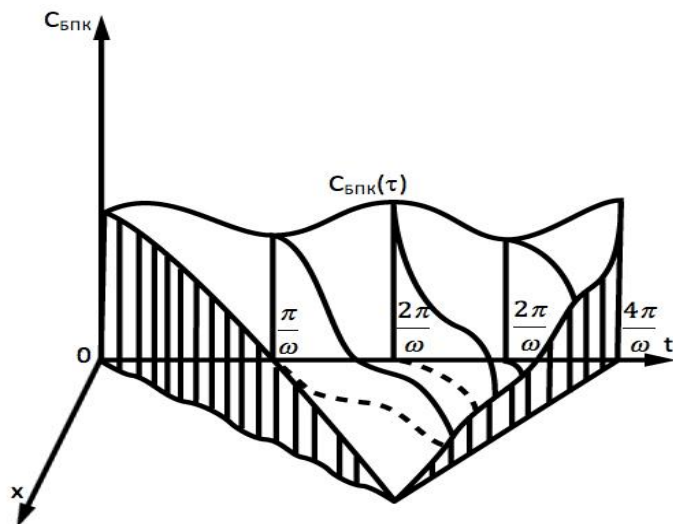


Рисунок 3.1.13. - Поверхности $C_{\text{БПК}}(x)$

Постоянный расход воды и постоянная нагрузка БПК. Рассмотрим случай, когда расход в реке постоянен во времени. Аналогично предыдущему случаю можно получить такие же формулы 3.1.17 и 3.1.19 для $C_{\text{БПК}}(t)$ и $C_{\text{O}_2}(t)$, тогда как в уравнение 3.1.15 войдет $x(t) = \bar{v}(t - \tau)$.

Распределение БПК и РК вдоль оси реки постоянно во времени и приведено на рисунке 3.1.14. Ордината \bar{x} соответствует минимуму величины РК или максимуму дефицита кислорода и зависит от величины для $C_{\text{БПК}}$, концентрации \bar{C}_{O_2} , что можно легко обнаружить из формулы 19.

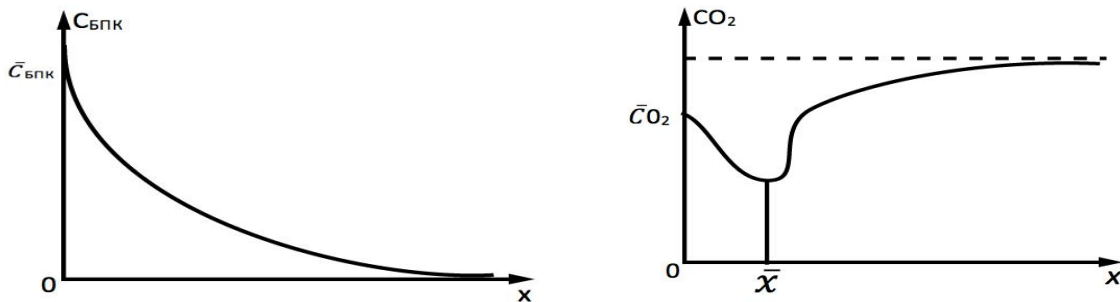


Рисунок 3.1.14. Зависимости изменения $C_{\text{БПК}}$ и C_{O_2} вдоль реки

Третий способ отображения величин $C_{\text{БПК}}(t)$ и $C_{\text{O}_2}(t)$ показан на рисунке 3.1.15, где линия γ может принадлежать поверхности, расположенной как в пространстве $C_{\text{БПК}}C_{\text{O}_2}x$, так и в пространстве $C_{\text{БПК}}C_{\text{O}_2}t$, в зависимости от того, интерпретируется эта линия как отображение состояния реки в какой-то момент \bar{t} , или как характеристика движущейся частицы, наблюдаемая исследователем, движущимся вместе с ней.

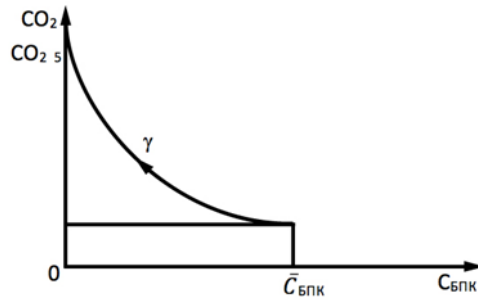


Рисунок 3.1.15. - Представление БПК и РК в плоскости состояния ($C_{\text{БПК}} - C_{\text{O}_2}$)

Этот последний тип отображения является наиболее произвольным, если рассматривать проблему с точки зрения теории систем, поскольку плоскость $C_{\text{БПК}}C_{\text{O}_2}$ совпадает при этом с так называемой плоскостью состояния. Обозначив производную обычной функции $\varepsilon(t)$ через $\dot{\varepsilon}(t)$, а дефицит кислорода через $\Delta = C_{\text{O}_{2s}} - C_{\text{O}_2}$, получаем

$$\frac{dC_{\text{БПК}}}{dt} = -K_1 C_{\text{БПК}} \quad (3.1.20 \text{ а})$$

$$\frac{d\Delta}{dt} = K_1 C_{\text{БПК}} - K_2 (C_{\text{O}_{2s}} - C_{\text{O}_2}) \quad (3.1.20 \text{ б})$$

Система уравнений 20 представляет собой уравнение динамической, линейной автономной системы второго порядка типа

$$Z = Fz \quad (3.1.21 \text{ а})$$

где Z представляет собой вектор, а матрица F для рассматриваемого случая задана как

$$F = \begin{vmatrix} -K_1 & 0 \\ K_1 & -K_2 \end{vmatrix} \quad (3.1.21 \text{ б})$$

Подобные системы позволяют породить плоскость состояния как плоскость единственного состояния равновесия, когда матрица не является единичной (как в данном случае). Кроме того, такое состояние равновесия является асимптотически устойчивым, если диагональные компоненты матрицы имеют отрицательную действительную часть. Поскольку в данном случае этими

величинами являются $-K_1$ и $-K_2$, то система является асимптотически устойчивой, о ней можно говорить, что относительно каких бы начальных условий ($C_{\text{БПК}}, \bar{\Delta}$) система не рассматривалась, она приходит к условиям, когда $C_{\text{БПК}}=0$ и $\Delta=0$, т.е. органические загрязнения окисляются, и величина растворенного кислорода возвращается к максимальному насыщению (для случая, если ниже выпуска сточных вод нет других источников загрязнения).

Линии j параметрического уравнения

$$C_{\text{БПК}} = C_{\text{БПК}}(t) \quad (3.1.22 \text{ а})$$

$$\Delta = \Delta(t) \quad (3.1.22 \text{ б})$$

в плоскости ($C_{\text{БПК}}, \Delta$) называются траекториями и все они стремятся к началу координат плоскости системы.

В качестве примера на рисунке 3.1.16 приведены траектории, относящиеся к случаю $K_1=1$ и $K_2=2$. В этой плоскости существуют две траектории прямолинейного типа: траектория d соответствует реке, в которой отсутствуют загрязняющие вещества, и траектория $C_{\text{БПК}}$. Область допустимых концентраций $0 \leq C_{\text{БПК}} \leq 1$; $0 \leq C_{\text{БПК}} \leq C_{\text{O}_2}^s$ разделена на две части прямой x , где все начальные условия, расположенные слева от этой прямой, порождают траектории, в которых $C_{\text{БПК}}$ и Δ понижаются, тогда как все условия, находящиеся справа от такой прямой, порождают траектории, отображающие точку максимального прогиба кислородной кривой (максимум дефицита кислорода).

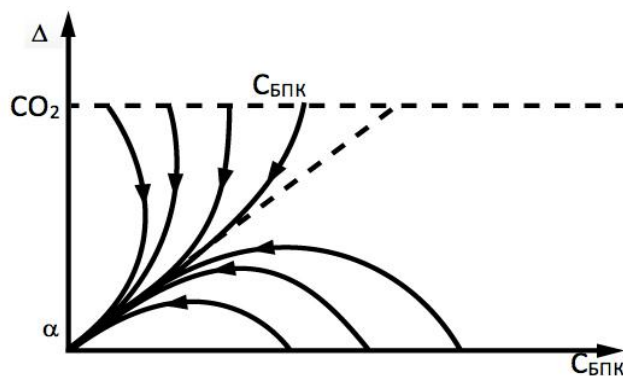


Рисунок 3.1.16. - Траектория в плоскости состояния ($C_{\text{БПК}} - \Delta$)

Главным недостатком этой модели является тот факт, что траектории, относящиеся к начальным величинам БПК, достаточно высокие и перекрывают прямую равновесия $\Delta=C_{O_2}^s$.

Другими словами, если начальное содержание БПК слишком высокое, модель просто дает отрицательные значения для концентрации кислорода. Это объясняется тем, что в условиях, которые не являются полностью аэробными, описанную модель нельзя рассматривать как достоверную в отличие от аналогичных моделей, полученных для высоких значений дефицита кислорода.

В работе определены условия применимости системы уравнений 3.1.20 для случая $C_{O_2}^0=C_{O_2}^s$ и более общий случай $C_{O_2}^0 \neq C_{O_2}^s$. Для простоты расчетов приведена номограмма. Для условий, когда система Фелиса-Стритера не применима, можно расширить пространство состояний, приняв в качестве третьей переменной состояние популяцию бактерий, или же отказаться от линейности модели.

В качестве нелинейной модели, которая дает решение проблемы, может использоваться модель вида:

$$\begin{aligned} \frac{dC_{\text{БПК}}}{dt} &= -\alpha C_{\text{БПК}} C_{O_2} \\ \frac{dC_{O_2}}{dt} &= -\alpha C_{\text{БПК}} C_{O_2} + \beta(C_{O_2}^s + C_{O_2}) \end{aligned} \quad (3.1.23)$$

Траектория такой системы показана на рисунке 3.1.17 в сопоставлении с траекторией, которую дает линейная модель. Структуру такой модели можно считать вполне приемлемой, если иметь в виду, что в принятых гипотезах производная от $C_{\text{БПК}}$ является значением $-K_c/\Omega$, т.е. предполагается, что скорость реакции $K_c=K_c(C_{\text{БПК}}, C_{O_2})$ пропорциональна концентрациям участвующих в ней реагентов. Модель 3.1.23 типа $\frac{\partial z}{\partial t} = f(z)$ допускает в качестве линеаризованной

модели $\sigma z = \left. \frac{\partial f}{\partial z} \right|_0 \sigma z$ в начале координат пространства состояний системы 3.1.20.

Таким образом, нелинейная модель 3.1.23 решает проблему отрицательных

концентраций кислорода и совпадает с линейной моделью 3.1.20, которая может рассматриваться как частный случай системы 3.1.23, в пределах начала координат.

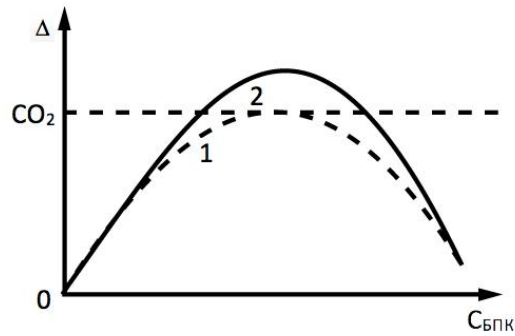


Рисунок 3.1.17. Модели: 1 – линейная, 2 – нелинейная

Распределенные источники БПК. В качестве краевых условий принимаются следующие: на исследуемом участке реки в начальный момент вода не содержала неконсервативных веществ $C_{\text{БПК}}(x,0)$ и в начальном сечении БПК всегда была нулевой $C_{\text{БПК}}(x,t)$. Модель, описывающая этот процесс, выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}
 \text{а) } \frac{\partial C_{\text{БПК}}}{\partial t} + v \frac{\partial C_{\text{БПК}}}{\partial x} &= -K_1 C_{\text{БПК}} + \frac{M_1(t)}{\Omega} \\
 \text{б) } \frac{\partial \Delta}{\partial t} + v \frac{\partial \Delta}{\partial x} &= K C_{\text{БПК}} - K_2 \Delta
 \end{aligned}
 \tag{3.1.24 а, б}$$

Рассмотрим решение системы уравнений 3.1.24 с применением преобразования Лапласа функции $f(t)$ действительной переменной, которое представляет собой комплексную функцию $F(S)$ комплексной переменной.

Преобразование Лапласа производная от функции $f(t)$ выражается как $SF(S) - f(0)$. Применяя преобразование Лапласа к системе уравнений 3.1.24, получаем уравнение $SB(x,S) - C_{\text{БПК}}(x,0) + v \frac{\partial B(x,S)}{\partial x} = -K_1 B(x,S) + \frac{M(S)}{\Omega}$, в котором $B(x,S)$ и $M(S)$

представляет собой результат применения преобразования Лапласа к функциям $C_{\text{БПК}}(x, t)$ и $M(t)$. Учитывая, что $B(x, 0) = 0$ и интегрируя уравнение, получаем:

$$\frac{B(x, S)}{M(S)} = \frac{1}{A(S + K_1)} (1 - e^{-KT(x) - ST(x)}), \quad (3.1.25)$$

где через $T(x)$ обозначено время, необходимое элементарной частице для прохождения расстояния x , т. е. $T(x) = \frac{x}{v}$.

Уравнение 3.1.25 устанавливает тот факт, что динамическое явление, причиной которого (вход) является $M(t)$, а следствием (выход) - значение $C_{\text{БПК}}(x, t)$, может описываться с помощью простой передаточной функции. Структурная схема, соответствующая уравнению 3.1.25, приведена на рисунке 3.1.18. Она состоит из инерционного блока $1/\Omega(S + K_1)$, связанного последовательно с блоком, состоящим из соединенных параллельно безынерционного блока с единичным коэффициентом усиления и блока запаздывания $e^{-ST(K)}$ (с коэффициентом затухания).

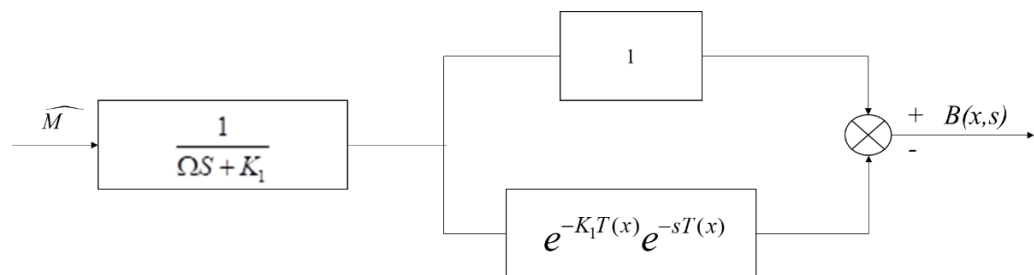


Рисунок 3.1.18. - Структурная схема системы, передаточная функция которой определяется выражением (3.1.25)

Первый блок этой схемы не зависит от x , что следует иметь в виду, когда необходимо вычислить функцию $C_{\text{БПК}}(x, t)$, моделируя передаточную функцию $V(x, S) / \bar{M}(S)$ для различных значений x .

Функция $C_{\text{БПК}}(x, t)$ соответствующая определенной функции $M(t)$ находится, как правило, следующим образом. Сначала вычисляется преобразование Лапласа $\bar{M}(S)$ функции $M(t)$, которое имеет вид: $\bar{M}(S) = \int_0^{\infty} e^{-St} M(t) dt$. Затем передаточная функция 3.1.25 умножается на $\bar{M}(S)$, в результате чего получаем $V(x, S)$, к которому с целью получения $C_{\text{БПК}}(x, t)$ необходимо применить обратное преобразование Лапласа.

Эта последняя операция (обратное преобразование) часто трудно выполнима, поэтому такой метод оказывается эффективным только для входных функций особо простого вида. Если например, $M(t)$ - единичная функция, тогда $\bar{M}(S) = 1/S$, при этом $V(x, S) = \frac{1}{\Omega S(S + K_1)} (1 - e^{-K_1 t(x)} e^{-St(x)})$.

Обратное преобразование этой функции найти легко (рисунок 3.1.19).

Передаточная функция 3.1.25 может быть использована для нахождения периодической функции $C_{\text{БПК}}(x, t)$, которая устанавливается в заданной точке x , если функция $M(t)$ периодическая. В таких случаях необходимо найти частотную характеристику $V(x, j\omega) / \bar{M}(j\omega)$, представленную на рисунке 3.1.20, которую затем можно использовать таким же образом, как в ранее рассмотренном случае.

На рисунке 3.1.20 видно, что даже и в этом случае имеет место эффект фильтрации: слишком быстрые изменения в распределенных источниках БПК не оказывают влияния на концентрацию $C_{\text{БПК}}(x, t)$ материала, подверженного биохимическому окислению.

В случае, когда интенсивность распределенного источника изменяется синусоидально во времени $M(t) = \bar{M} + \Delta M \sin \bar{\omega} t$, БПК приобретает колебания, амплитуда и фазовый сдвиг которых являются функциями от x . В данном случае обнаруживается сравнительно редкое явление существования особых сечений

(называемых критическими), в которых амплитуда колебаний достигает на участке максимума или минимума. Ординату этих сечений можно легко вычислить, приравняв к нулю производную от передаточной функции по x при $S = j\bar{\omega}$.

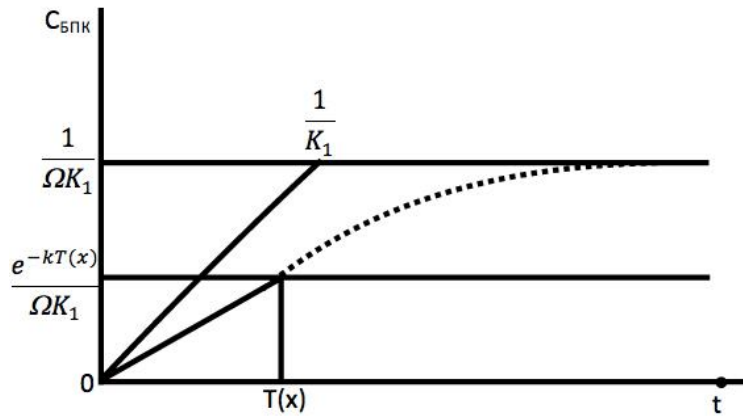


Рисунок 3.1.19. - Функция $C_{\text{БПК}}(x, t)$ при фиксированном x

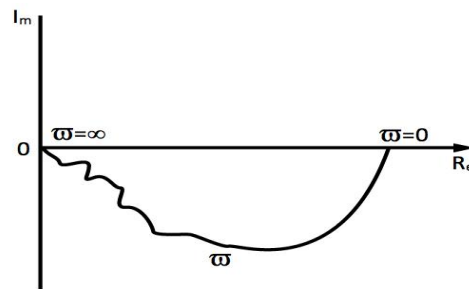


Рисунок 3.1.20 - Частотная характеристика системы, приведенной на рисунке 3.1.18

Таким образом, ординатами критических сечений являются корни следующего трансцендентного уравнения:

$$K_1 \cos \frac{\bar{\omega} x}{v} + \bar{\omega} \sin \frac{\bar{\omega} x}{v} - K_1 e^{-K \frac{x}{v}} = 0$$

Поскольку функция $K_1 e^{-K \frac{x}{v}}$ стремится к нулю при x_1 , стремящемся к бесконечности, очевидно, что критические сечения, находясь на участке, расположенном достаточно далеко от начальной точки, равноудалены одно от другого.

Преобразуя уравнение 3.1.24б и учитывая уравнение 3.1.25 (полагая, что река первоначально насыщена кислородом), получаем:

$$\bar{D}(x, S) = e^{-(K_2+S)T(x)} \bar{\Delta}(0, S) + \frac{v}{\Omega} \frac{K_1}{K_2 - K_1} \left(\frac{1 - e^{-(K_1+S)T(x)}}{S + K_1} - \frac{1 - e^{-(K_2+S)T(x)}}{S + K_2} \right) \bar{M}(S),$$

где $\bar{\Delta}(0, S)$ является преобразованием Лапласа краевых условий $\Delta(0, t)$, которые для общности не были приняты за нулевые.

Такому выражению $\bar{D}(x, S)$ соответствует структурная схема на рисунке 3.1.21, на которой продемонстрировано также преобразование Лапласа $B(x, S)$ от $C_{\text{БПК}}(x, t)$.

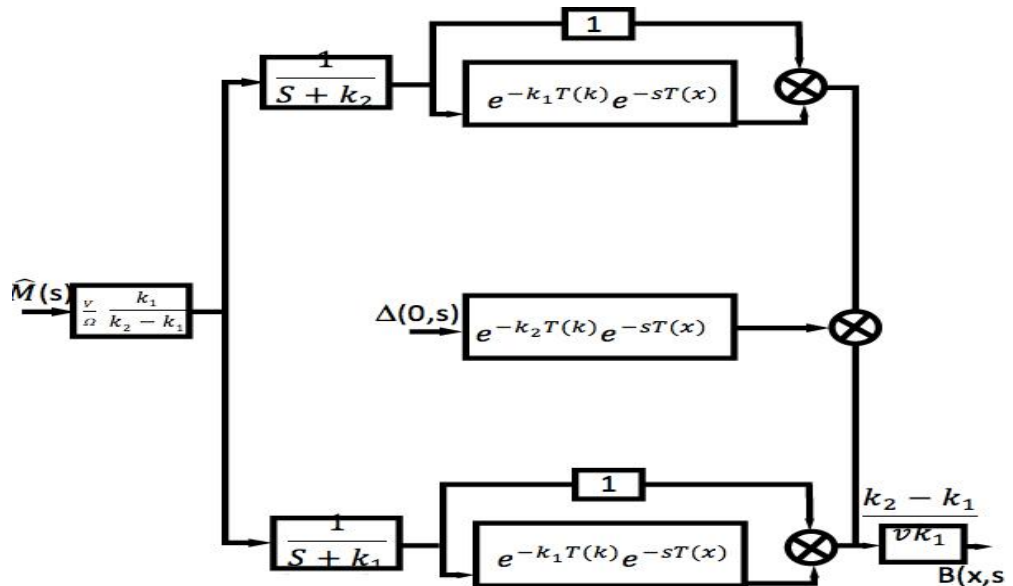


Рисунок 3.1.21 - Структурная схема системы

Эта структурная схема позволяет, как и предыдущая, вычислить дефицит кислорода $\Delta(x, t)$ в некотором сечении x для особо простых функций на входе и

прежде всего облегчает вычисления колебаний величины растворенного кислорода, соответствующих входным функциям $M(t)$ периодического характера.

Присутствие двух инерционных звеньев $1/(S+K_1)$ и $1/(S+K_2)$ в обоих параллельных каналах схемы служит фильтром возможных высоких частот, появляющихся на входе. Можно показать, что как для БПК, так и для РК, существуют критические сечения.

Оценка параметров при моделировании качества воды в реках

Модели качества воды для рек широко используются в инженерной практике, при этом оценка параметров принятой структуры модели является одной из важнейших задач. Этап оценки параметров обычно сводится к проблеме оптимизации, где функция цели, которую предстоит минимизировать, служит показателем различия между моделью и реальностью, а переменные, в отношении которых проводится минимизация, являются параметрами модели [36, 114].

Модели могут имитировать реальное поведение системы путем последовательного введения поправок в значения параметров. Как правило, в практике проектирования модели используются для выполнения численных экспериментов для условий, отличных от нормальных (например, расход 95%-й обеспеченности). Поэтому необходимо знать, каким образом влияет на характеристики модели изменение того или другого параметра (например, расход воды в реке, температура атмосферы, величина БПК и т.п.). Рассмотрим постановку такой задачи с позиций теории чувствительности параметров.

Если модель представляет собой систему из обыкновенных дифференциальных уравнений типа

$$z = f(z, p, t), \left(z = \frac{dz}{dt} \right), \quad (3.1.26)$$

где $z = \begin{vmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_p \end{vmatrix}$ является вектором состояния, p -параметром с номинальным значением

\bar{p} . В целом начальное состояние ($t=0$) системы зависит от параметра p , т.е.

$z_0=z_0(p)$, так же как и решение $z(t,p)$ уравнения 3.1.26. Далее можно записать: $z(0,p)=z_0(p)$, хотя для краткости изложения будет принято, что $\bar{z}(t)=z(t,\bar{p})$. Пусть теперь функция $z(t,\dots)$ в каждый момент времени $t>0$ раскладывается в окрестности точки $p=\bar{p}$ в ряд

$$z(t,p) = \bar{z}(t) + \left. \frac{\partial z(t,p)}{\partial p} \right|_{p=\bar{p}} (p - \bar{p}) + \dots \quad (3.1.27)$$

Вектор $\left. \frac{\partial z(t,p)}{\partial p} \right|_{p=\bar{p}}$, который появляется в уравнении 3.1.27, называется вектором чувствительности вектора состояния z относительно p (n -компонент этого вектора называют коэффициентом чувствительности) и далее обозначается через $S(t)$, т.е. $S(t) = \left. \frac{\partial z(t,p)}{\partial p} \right|_{p=\bar{p}}$.

Зная номинальное изменение $\bar{z}(t)$ системы и соответствующий вектор чувствительности $S(t)$, можно определить возмущенное движение $z(t,p)$ аппроксимируя уравнение 3.1.27 с помощью следующего соотношения:

$$z(t,p) = \bar{z}(t) + S(t)(p - \bar{p}) \quad (3.1.28)$$

Кроме того, зная коэффициенты чувствительности, часто можно связывать, определенные параметры с некоторыми характеристиками движения системы.

Так, если номинальное изменение $\bar{z}(t)$ системы первого порядка ($n=1$) имеет вид, представленный на рисунке 3.1.22, где $S_1(t)$ и $S_2(t)$ представляют собой два коэффициента чувствительности вектора состояния z относительно двух параметров p_1 и p_2 , можно полагать, что первый параметр определял бы выброс $z(t)$, тогда как второй - асимптотическую часть $\bar{z}(t)$.

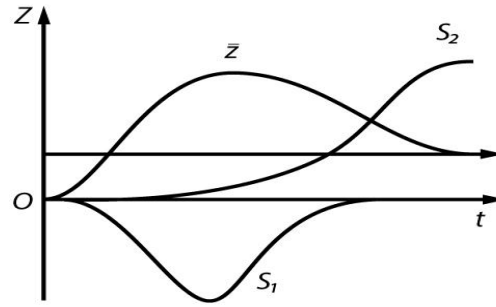


Рисунок 3.1.22 - Номинальные изменения системы $\bar{z}(t)$ и коэффициенты чувствительности S_1 и S_2

Можно показать, что вектор чувствительности $S(t)$ удовлетворяет следующему векторному дифференциальному уравнению:

$$S = \left[\frac{\partial f(z, p, t)}{\partial z} \right]_{z=\bar{z}} S + \frac{\partial f(z, p, t)}{\partial p} \Big|_{p=\bar{p}} \quad (3.1.29)$$

при начальном условии

$$S(0) = \frac{\partial z_0}{\partial p} \Big|_{p=\bar{p}} \quad (3.1.30)$$

Вектор чувствительности $S(t)$ является, следовательно, вектором состояния системы 3.1.29 (названной системой чувствительности), имеющей линейную характеристику и тогда, когда система 3.1.26 не линейна (матрица $\left[\frac{\partial f}{\partial z} \right]_{z=\bar{z}}$ зависит от времени).

В этом случае коэффициенты чувствительности часто можно вычислить и, следовательно, легко получить с помощью моделирования по схеме (рисунок 3.1.23).

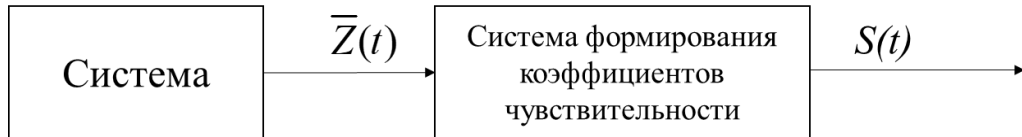


Рисунок 3.1.23 - Схема расчетов коэффициентов чувствительности

Рассмотрим некоторые случаи вариации параметров (изменение расхода, атмосферной температуры, температуры сточных вод).

Изменение расхода. Предположим, что расход водотока на рассматриваемом участке постоянен во времени и пространстве и необходимо определить изменение БПК и РК, вызванные незначительными изменениями расхода, который колеблется от номинального значения \bar{Q} до величины Q . Уравнения, которыми описывается это явление, как только достигается режим

$\frac{\partial C_{\text{БПК}}}{\partial t} = \partial C_{O_2} [\partial t = 0]$ приобретают вид:

$$\begin{aligned} \text{а) } \frac{\partial C_{\text{БПК}}}{\partial x} &= -\frac{K_c}{Q} C_{\text{БПК}}, \\ \text{б) } \frac{\partial S}{\partial x} &= -\frac{K_c}{Q} C_{\text{БПК}} + \frac{K_a l}{Q} (C_{O_2s} - C_{O_2}), \end{aligned} \quad (3.1.31 \text{ а, б})$$

а решение таких

уравнений

$$\begin{aligned} \text{а) } C_{\text{БПК}}(x) &= C_{\text{БПК}_0} e^{-\frac{K_c}{Q} x}, \\ \text{б) } C_{O_2}(x) &= C_{O_2s} - (C_{O_2s} - C_{O_2^0}) e^{-\frac{K_a l}{Q} x} + \frac{K_c}{K_c - K_a l} C_{\text{БПК}_0} \left(e^{-\frac{K_c}{Q} x} e^{\frac{K_a l}{Q} x} \right) \end{aligned} \quad (3.1.32 \text{ а, б})$$

причем зависимость решения от параметра Q в этом случае уже известна. Если решение представить в плоскости $(C_{\text{БПК}}, \Delta)$, то были бы получены такие же траектории, как на рисунке 3.1.16. Отличие заключалось бы в том, что траектории по-иному пересекались пунктирной линией x в зависимости от параметра Q .

В отдельных случаях начальные условия могут зависеть от параметра Q . Например, случай, изображенный на рисунке 3.1.24, где Q_1 изменяется

$$C_{\text{БПК}} = \frac{Q_2}{Q} C_{\text{БПК}}, \quad C_{O_2^0} = \frac{Q_1}{Q} C_{O_2s} + \frac{Q_2}{Q} C_{O_2^0}, \quad (\Delta_0 = \frac{Q_2}{Q} \Delta_2), \quad \text{где при изменении объема } Q$$

происходит изменение начальных условий ($C_{БПК_0}$ и Δ_0) в плоскости ($C_{БПК}$, Δ) в соответствии с уравнением $\Delta = \frac{\Delta_2}{C_{БПК_2}} C_{БПК}$.

В случае, представленном на рисунке 3.1.25, начальные условия будут независимыми от изменений параметра. Поскольку решение в обоих случаях для каждой величины Q известно (согласно уравнению 3.1.32), нет необходимости использовать теорию чувствительности для определения изменений, которые вызваны изменением параметра. Для иллюстрации рассмотрим анализ чувствительности системы 3.1.31. Такой анализ позволяет исследовать случай, в котором система 3.1.31 могла бы быть замещена нелинейной системой (например, вместо числа $\frac{K_c}{Q} C_{БПК}$ представлен член $\frac{K_c}{Q} C_{БПК} C_{O_2}$). С учетом ссылки на систему 3.1.31 система чувствительности 3.1.29 приобретает следующий вид:

$$\begin{aligned}
 \text{а) } \frac{dS_{БПК}(x)}{dx} &= \frac{K_c}{Q} S_{БПК}(x) + \frac{K_c}{Q^2} \bar{C}_{БПК}(x), \\
 \text{б) } \frac{dS_{O_2}(x)}{dx} &= -\frac{K_c}{Q} S_{БПК}(x) - \frac{K_{\alpha} l}{Q} S_c(x) + \frac{K_c}{Q^2} C_{БПК}(x) - \frac{K_{\alpha} l}{Q_2} (C_{O_2 s} - \bar{C}_{O_2}(x))
 \end{aligned}
 \tag{3.1.34 а, б}$$

Такие уравнения интегрируются с начальными условиями

$$\begin{aligned}
 S_{БПК}(0) &= \left. \frac{\partial C_{БПК_0}}{\partial Q} \right|_{Q=\bar{Q}}, \\
 S_{O_2}(0) &= \left. \frac{\partial C_{БПК_0}}{\partial Q} \right|_{Q=\bar{Q}}.
 \end{aligned}$$

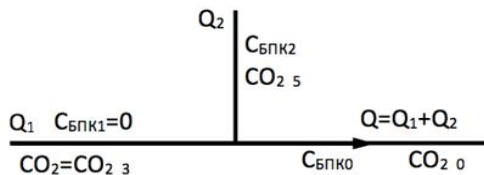


Рисунок 3.1.24 - Пример изменения расхода (влечет изменение начальных условий $C_{БПК_0}$ и $C_{O_2}^0$)

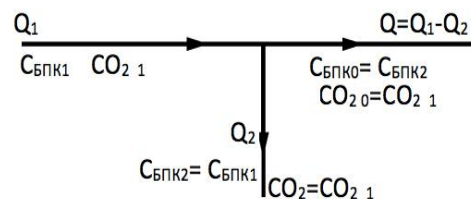


Рисунок 3.1.25 - Пример изменения расхода Q_2 (не влечет изменения начальных условий $C_{БПК_0}$ и $C_{O_2}^0$)

Определим в качестве примера изменение профиля БПК, вызванные увеличением расхода Q_1 (рисунок 3.1.25) $S_{\text{БПК}}(0) = -\frac{1}{Q} \bar{C}_{\text{БПК}_0}$.

Из уравнения 3.1.33а получим зависимость $S_{\text{БПК}}(x) = -\frac{e^{\frac{K_c x}{Q}}}{Q} \left(\frac{K_c}{Q} x - 1\right) \bar{C}_{\text{БПК}_0}$, которая представлена на рисунке 3.1.26 вместе с нормальным профилем БПК. Ход изменения коэффициента чувствительности $S_{\text{БПК}}(x)$ показывает, что увеличение расхода вызывает уменьшение БПК на начальном участке $x < \frac{\bar{Q}}{K}$, тогда как на расстояниях больших, чем $\frac{\bar{Q}}{K_c}$, наблюдается увеличение БПК.

Эти результаты практически справедливы только для небольших изменений параметра Q .

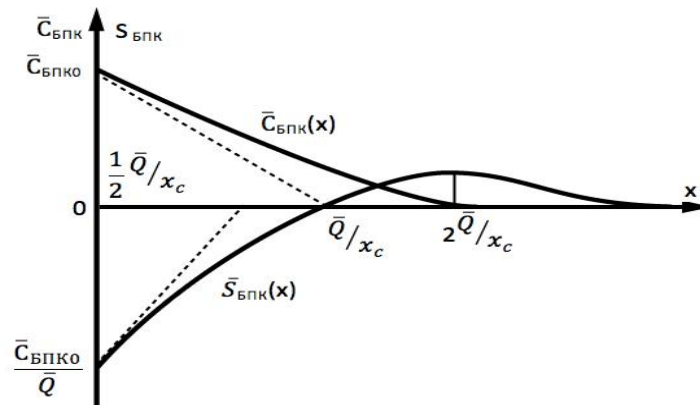


Рисунок 3.1.26 - Профиль БПК и соответствующая ему чувствительность

Сечение, которое не ощущает (с точки зрения БПК) изменение параметра от Q до \bar{Q} , находится на расстоянии $x^* = \frac{\bar{Q}}{K_c} \frac{Q}{Q - \bar{Q}} = \ln \frac{Q}{\bar{Q}}$, только в первом приближении совпадающее с расстоянием Q/K_c , когда коэффициент чувствительности $S_{\text{БПК}}(x)$ превращается в ноль.

Изменение температуры. Рассмотрим водоток с постоянным расходом и санитарным состоянием, соответствующим условиям $C_{БПК}(0) = C_{БПК_0}$, $C_{O_2}(0) = C_{O_2^0}$.

Причем величина РК зависит от температуры воды: $C_{O_2} = C_{O_2}(T)$.

Предполагается, что температура водотока была постоянной во времени и пространстве и для нормальных условий составляла T . Изменению атмосферной температуры соответствуют колебания температуры ΔT воды от T до $T = \bar{T} + \Delta \bar{T}$. В этом случае система описывается уравнениями в виде:

$$\begin{aligned} \text{а)} \quad \frac{dC_{БПК}}{dt} &= -K_1(T)C_{БПК}, \\ \text{б)} \quad \frac{dC_{O_2}}{dt} &= -K_1(T)C_{БПК} + K_2(T)[C_{O_2^s}(T) - C_{O_2}], \end{aligned} \quad (3.1.34 \text{ а, б})$$

которые при номинальных условиях $T = \bar{T}$ имеют в качестве начальных условий $C_{БПК}(0) = C_{БПК_0}$, $\bar{C}_{O_2}(0) = C_{O_2^s}(\bar{T})$. В этом случае система чувствительности будет представлена как

$$\begin{aligned} \text{а)} \quad \frac{dS_{БПК}}{dt} &= -K_1 S_{БПК} - K_1 \bar{C}_{БПК}, \\ \text{б)} \quad \frac{dS_{O_2}}{dt} &= -K_1 S_{БПК} - K_2 S_{O_2} - K_1 \bar{C}_{БПК} + (K_2 C_{O_2^s})' - K_2 \bar{C}_{O_2} \end{aligned} \quad (3.1.35 \text{ а, б})$$

где экстремумы находятся при использовании оператора $\frac{d}{dt}$, а различные константы, участвующие в уравнениях, определяются при T . Начальные условия такой системы выражаются как

$$\begin{aligned} \text{а)} \quad S_{БПК}(0) &= 0, \\ \text{б)} \quad S_{O_2}(0) &= C_{O_2^s}, \end{aligned} \quad (3.1.36 \text{ а, б})$$

где C_{O_2} является отрицательной величиной, поскольку концентрация насыщения растворенного кислорода понижается с увеличением температуры.

Решив системы уравнений 3.1.34 и 3.1.35, получаем

$$\begin{aligned} \text{а)} \quad S_{БПК}(t) &= -K_1 C_{БПК_0} t e^{-K_1 t}, \\ \text{б)} \quad S_{O_2}(t) &= C_{O_2^s} + \frac{K_1 K_2' - K_1' K_2}{(K_2 - K_1)^2} C_{БПК_0} (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) + \frac{K_1}{K_2 - K_1} C_{БПК_0} t (K_1' e^{-K_1 t} - K_2' e^{-K_2 t}) \end{aligned} \quad (3.1.37)$$

а, б)

Номинальные изменения $\bar{C}_{\text{БПК}}$ и t приводятся на рисунке 3.1.27, совместно с соответствующими коэффициентами чувствительности: $S_{\text{БПК}}(t), S_{O_2}(t)$.

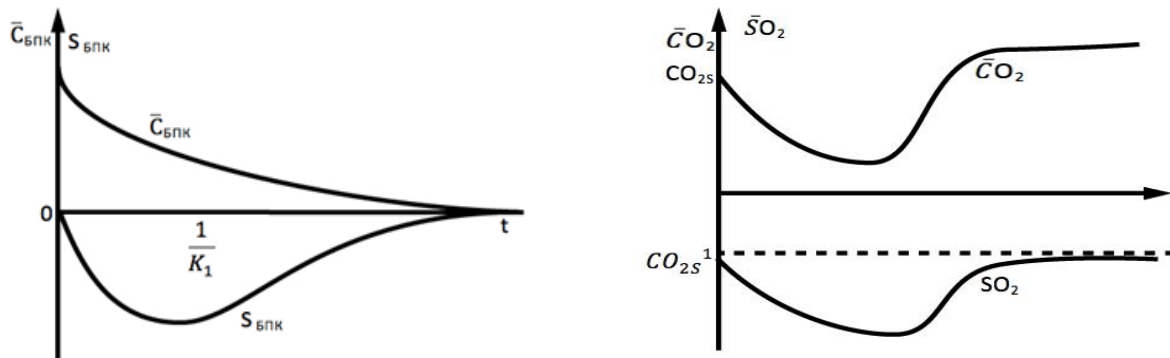


Рисунок 3.1.27 - Номинальные изменения БПК (а), уровня РК (б) и соответствующие им коэффициенты чувствительности

В развитии моделей, использующих одну пространственную переменную, рассмотрим уравнение баланса для растворенного в воде вещества с добавлением члена, выражающего влияние молекулярной диффузии и дисперсии, вызванной турбулентностью. Как и в случае молекулярной диффузии, такой член пропорционален произведению градиента концентрации на площадь сечения.

Коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом дисперсии, является функцией места и времени и в том случае, когда характеристики движения жидкости являются переменными.

Вместо системы уравнений БПК и содержания РК обобщенной модели рассмотрим систему вида:

$$\begin{aligned}
 \text{а)} \quad & \frac{\partial C_{\text{БПК}}}{\partial t} + v \frac{\partial C_{\text{БПК}}}{\partial x} = -\frac{Q' + K_s}{\Omega} C_{\text{БПК}} - \frac{K_c(C_{\text{БПК}_1}, C_{O_2})}{\Omega} + \frac{M + Q_{0f} C_{\text{БПК}_{0f}}}{\Omega} + \frac{1}{\Omega} \frac{\partial}{\partial x} (D\Omega \frac{\partial C_{\text{БПК}}}{\partial x}), \\
 \text{б)} \quad & \frac{\partial C_{O_2}}{\partial t} + v \frac{\partial C_{O_2}}{\partial x} = -\frac{Q'}{\Omega} C_{O_2} - \frac{K_c(C_{\text{БПК}}, C_{O_2})}{\Omega} + \frac{K_a l (C_{O_2s} - C_{O_2}) + N + Q_{af} C_{O_2af}}{\Omega} + \frac{1}{\Omega} \frac{\partial}{\partial x} (D\Omega \frac{\partial C_{O_2}}{\partial x})
 \end{aligned}$$

(3.1.38 а, б)

Если для исследуемого участка водотока действительны все принятые ранее в целях упрощения гипотезы, т.е. могут быть опущены расходы инфильтрации, притока и испарения ($Q^i=0$), явления седиментации ($K_{sed}=0$), привнесение распределенной БПК ($M=0$) и концентрация РК ($N=0$) и, кроме того, предполагается, что поперечное сечение Ω постоянно в пространстве, а $K_c(C_{БПК}, C_{O_2})$ просто пропорционально $C_{БПК}$, то в этом случае система уравнений 3.1.38 приводится к виду:

$$\begin{aligned} \text{а)} \quad \frac{\partial C_{БПК}}{\partial t} + v \frac{\partial C_{БПК}}{\partial x} &= D \frac{\partial^2 C_{БПК}}{\partial x^2} - K_1 C_{БПК}, \\ \text{б)} \quad \frac{\partial C_{O_2}}{\partial t} + v \frac{\partial C_{O_2}}{\partial x} &= D \frac{\partial^2 C_{O_2}}{\partial x^2} - K_1 C_{БПК} + K_2 (C_{O_2s} - C_{O_2}) \end{aligned} \quad (3.1.39 \text{ а, б})$$

В случае, когда сечение Ω или коэффициент дисперсии D не являются постоянными величинами, скорость равна:

$$v)^* = v - \frac{1}{\Omega} \frac{\partial}{\partial x} (\Omega D) \quad (3.1.39 \text{ в})$$

Можно показать, что для введения нужных поправок в значения, принимаемые некоторыми параметрами, можно учитывать явление дисперсии, не усложняя при это изложение проблемы.

Пример оценки параметров для системы Фелиса-Стритера, основанной на динамике среднесуточных величин БПК и дефицита РК:

$$\begin{aligned} \text{а)} \quad \frac{\partial C_{БПК}}{\partial t} &= -K_1 C_{БПК}, \\ \text{б)} \quad \frac{\partial \Delta}{\partial x} &= K_1 C_{БПК} - K_2 \Delta - K_3, \end{aligned} \quad (3.1.40 \text{ а, б})$$

где K_1 и K_2 равны между собой, не учитывая коэффициент в соответствующих константах $K_3 = \frac{\bar{K}}{v}$ - математическое ожидание величины поступления кислорода в результате фотосинтеза.

В рассматриваемой системе уравнений 3.1.40 вместо мгновенных значений БПК и РК используются среднесуточные величины. Константы K_1 , K_2 и K_3 могут

определяться по эмпирическим зависимостям или с большей точностью на основе натуральных исследований.

С этой целью предполагается провести $(N+1)$ измерений дефицита кислорода в $(N+1)$ точках x_n , равноудаленных одна от другой.

Таким образом, в распоряжении оказываются $(N+1)$ величин \bar{Y}_n , каждая из которых связана с сечением, находящимся на расстоянии α от начала координат,

$$\begin{aligned} \text{т.е. } \bar{Y}_n &= \bar{Y}(L \cdot h) \\ h &= 0, 1, \dots, N \end{aligned}$$

Полагая, из уравнения 3.1.40 получаем следующую дискретную линейную систему второго порядка:

$$\begin{aligned} \text{а) } C_{\text{БПК}(h+1)} &= \alpha C_{\text{БПК}(h)}, \\ \text{б) } \Delta_{n+1} &= \beta C_{\text{БПК}(h)} + \gamma \Delta h + \sigma, \end{aligned} \quad (3.1.41\text{а, б})$$

где α , β , γ и σ получены из соотношений

$$\begin{aligned} \alpha &= e^{-K_1 L}, \beta = \frac{K_1}{K_2 - K_1} (e^{-K_1 L} - e^{K_2 L}), \\ \gamma &= e^{-K_2 \Delta}, \sigma = \frac{K_1}{K_2} (e^{-K_3 L} - 1). \end{aligned}$$

Из выражения 3.1.41б найдем $C_{\text{БПК}_n}$ как функцию Δn и $\Delta n+1$ (и $C_{\text{БПК}(h+1)}$ как функцию $\Delta n+1$ и $\Delta n+2$) и подставив в выражение 3.1.41а, получим следующее разностное уравнение:

$$\Delta h + 2 = A \Delta h + 1 + B \Delta h + C_1 \quad (3.1.42)$$

В котором константы A , B и C заданы следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} A &= e^{-K_1 L} + e^{-K_2 L}, \\ B &= -e^{-(K_1 + K_2)L}, \\ C &= -\frac{K_1}{K_2} (1 - e^{-K_1 L}) (1 - e^{-K_3 L}) \end{aligned} \quad (3.1.43 \text{ а, б, в})$$

Оценка параметров K_1 , K_2 и K_3 эквивалентна оценке параметров A , B и C из уравнения 3.1.42, так как, если эти параметры известны, решая уравнение 3.1.43, можно найти K_1 , K_2 и K_3 . Величины $\bar{\Delta}_h, \bar{\Delta}_{h+1}$ отображают состояние системы уравнений 3.1.42 так же, как $A \bar{\Delta}_{h+1} + B \bar{\Delta}_h + C$ отображает недостаток кислорода Δ_{h+2} , предвиденный моделью в сечении $h+2$.

Таким образом, можно записать $\varepsilon_{h+2} = \bar{\Delta}_{h+2} - (A\bar{\Delta}_{h+1} + B\bar{\Delta}_h + C)$ и определить параметры A , B и C , решая следующую задачу оптимизации (по критерию наименьших квадратов):

$$\min_{A,B,C} \sum_{h=2}^N \varepsilon_h^2 \quad (3.1.44)$$

Можно показать, что, обозначая через p вектор параметров A , B , C , т.е.

$p = \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix}$ решение \bar{p} задачи 3.1.44 можно представить уравнением:

$$\bar{p} = (\bar{F}F)^{-1} F^1 \Delta^*, \quad (3.1.45)$$

в котором матрица F и вектор Δ^* выражаются следующим образом:

$$F = \begin{pmatrix} \bar{\Delta}_1 & \bar{\Delta}_0 & 1 \\ \bar{\Delta}_2 & \bar{\Delta}_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{\Delta}_{N-1} & \bar{\Delta}_{N-2} & 1 \end{pmatrix}, \Delta^* = \begin{pmatrix} \bar{\Delta}_2 \\ \bar{\Delta}_3 \\ \vdots \\ \bar{\Delta}_N \end{pmatrix}$$

а матрица F^1 получается транспонированием матрицы F .

Напомним, что транспонированная матрица – это матрица, в которой элементы столбцов и строк поменялись местами. Столбцом транспонированной матрицы будет строка исходной матрицы и наоборот.

Предполагая, что система эффективно описывается уравнениями 3.1.40 и 3.1.41 на измерениях $\bar{\Delta}_h$ не сказался шум, уравнение 3.1.45 детализируют,

преобразуя его в следующее выражение: $\bar{p} = F^{-1} \Delta^*$ при $F = \begin{pmatrix} \bar{\Delta}_1 & \bar{\Delta}_0 & 1 \\ \bar{\Delta}_2 & \bar{\Delta}_1 & 1 \\ \bar{\Delta}_3 & \bar{\Delta}_3 & 1 \end{pmatrix}$.

Таким образом, в рассматриваемом случае необходимо выполнить только пять измерений дефицита кислорода, чтобы провести оценку параметров модели K_1, K_2, K_3 .

Остановимся на примере оценки состояния системы 3.1.41. Начальное состояние $(C_{БПК_0}, \Delta_0)$ следует оценивать по измерениям $\bar{\Delta}_0, \bar{\Delta}_1, \bar{\Delta}_2$, выполненным в исследуемой системе. Обычно удобно проводить различие между идеальным случаем, в котором ошибки не оказывают влияния на процесс измерения, и тем, когда наблюдается обратное. В первом случае задача решается гораздо проще, особенно, если система линейная.

Согласно теории оценок, начальное состояние линейной системы n -го порядка может определяться посредством только n измерений переменных на выходе.

Таким образом, в исследуемом случае для определения начальной величины БПК ($C_{БПК_0}$) достаточно измерить два значения, $\bar{\Delta}_0$ и $\bar{\Delta}_1$, так как из уравнения

$$3.1.41б \text{ следует: } C_{БПК_0} = \frac{1}{\beta} (\bar{\Delta}_1 - \gamma \bar{\Delta}_0 - \sigma).$$

Если измерения подвергались влиянию шума, то необходимо использовать более сложные выражения, которые получаются с помощью минимизации по методу наименьших квадратов (эти выражения формально аналогичны уравнению 3.1.45).

Таким образом, можно выполнить прямую оценку БПК в некоторых сечениях водотока посредством измерения РК в двух различных сечениях при условии стационарности водного и температурного режима, а также при знании параметров модели.

3.1.4 Эколого-технологические показатели РПП в рамках ТППК

Номенклатура эколого-технологических показателей РПП определяется на отраслевом уровне и дополняется с учетом региональной специфики и приоритетов развития ТППК на основе эколого-технологической сбалансированности и биос-совместимости без ущерба биосфере и экосфере на регионально-бассейновом уровне. В соответствии с программой обширных

исследований по нормированию и обеспечению биос-совместимости между особенностями антропогенной нагрузки различных водопользователей и конкретными условиями с экологическим потенциалом и емкостью реальных биоценозов оценивается природоемкость РПП и техноемкость природных систем ТППК. Количественная оценка эколого-технологических показателей отдельного РПП в рамках ТППК и способность обеспечивать требуемое качество функционирования при нормированных значениях параметров других водопользователей определяется геоинформационными моделями нового поколения.

Для эффективной оценки требуется анализ следующей информации по каждому предприятию радиоэлектроники и приборостроения:

1. Форма статистической отчетности 2тп-водхоз.
2. Комплексное экологическое разрешение.
3. Данные о составе и эффективности очистных сооружений сточных вод.
4. Водохозяйственный баланс.
5. Проект нормативов допустимых сбросов.
6. Разрешение на водопользование
7. Программа производственного экологического контроля и мониторинга.

Кроме того, необходимо расширить понятие «биос-совместимость», распространив его также на биосферу и экосферу на равных основаниях с техносферой, включив в него фоновые характеристики с учетом других одновременных экологических влияний.

В этом случае «биос-совместимость» двух или более РПП систем можно рассматривать как эколого-технологическую обеспеченность нормального длительного функционирования каждой из этих систем, действующих с учетом региональных экологических нормативов в рамках ТППК и других

межотраслевых взаимодействий производственных комплексов и систем ноосферы.

Учитывая вероятностный характер помех, создаваемых влияющими системами (субъектами) ТППК, и реакцией на эти помехи системы подверженной воздействию водного объекта, предполагается обеспечение «биос-совместимости» в течение времени эксплуатации или всего жизненного цикла производственных комплексов. Особенно сложны и противоречивы проблемы «биос-совместимости». Нагрузки нормируются по своим параметрам: типу водовыпуска, массе сбрасываемых загрязняющих веществ, длительности и форме водовыпуска, компоновке систем очистки и их вариациям. Инженерная практика нормирования допустимых воздействий на уровне бассейна или водохозяйственного участка вызывает наибольшие сложности при нестационарных и, особенно, комбинированных режимах водосброса по сравнению с квазистационарными или стационарными режимами. Эффективное управление интегрированным эколого-технологическим нормированием может быть обеспечено моделированием управления качества воды водных объектах, на которые оказывается воздействие промышленными предприятиями [6].

Основной проблемой в условиях имитационного моделирования нормирования нагрузки от субъектов ТППК становится получение объективных фактических данных, структурной и результативной информации, кроме того необходима структуризация информации в соответствии с установленными целями. Структурная информация определяет установление нормативов качества (НДС) для радиоэлектронных и приборостроительных производств, а также водопользователей ТППК других секторов экономики. Результативная (оперативная) информация используется для формирования проектов установления НДС и обоснования разработанных нормативов, а также при разработке СКИОВО бассейнов рек и озер для создания плана мероприятий по реализации целевых показателей экологического состояния бассейнового ТППК.

На рисунке 3.1.5. приведена обобщенная модель и структура информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического управления ТППК, разработанная в соответствии со сложностью структурной организации массивов разноплановой информации эколого-технологической системы ТППК.

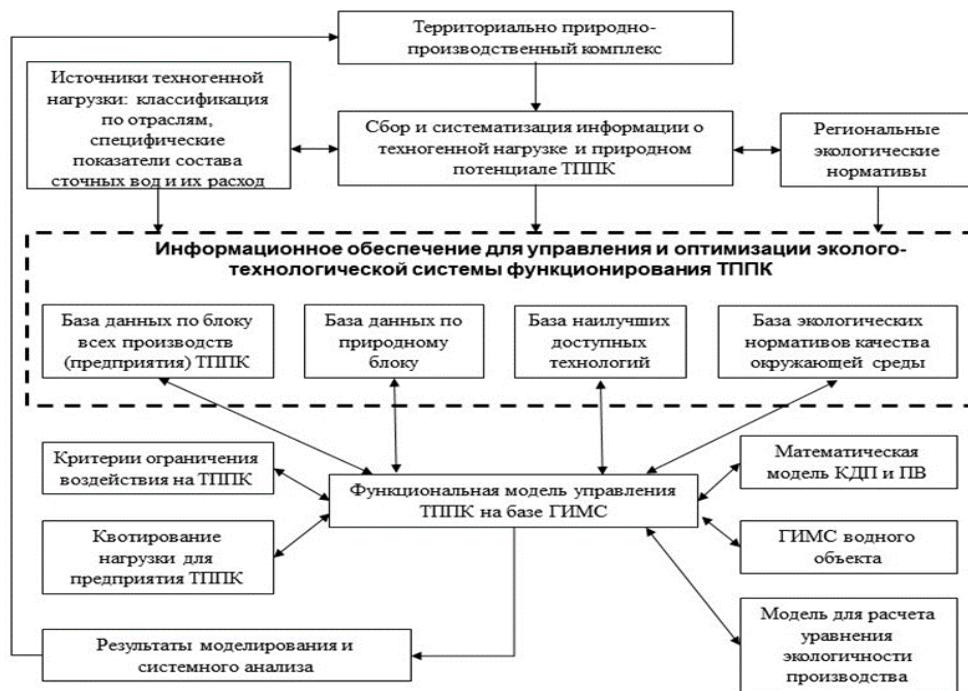


Рисунок 3.1.5 - Обобщенная модель и структура информационного обеспечения геоинформационного моделирования управления ТППК

Предложенный инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования и информационное обеспечение геоинформационного моделирования эколого-технологического управления ТППК позволяет сформулировать задачу совершенствования программы управления и развития представленных на Рисунке 3.1.5 блоков территориального природно-производственного комплекса, решив которую можно достичь прогресса по реализации установленных переходных и итоговых целей по

заданным условиям факториала критериев эффективности. Ужесточение требований по обеспечению качества прогнозов и оперативного решения вопросов распределения техногенной нагрузки субъектов ТППК на межотраслевом уровне, основанного на эколого-технологической оптимизации водопользования в рамках территориального природно-производственного комплекса.

Имитационная геоинформационная моделирующая система позволяет установить нормативы и перераспределять техногенную нагрузку для субъектов ТППК с применением геоинформационной онлайн-системы в зависимости от принятых критериев установления квот нагрузки. Для различных уровней организации РПП в рамках ТППК устанавливаются территориальные, отраслевые и ресурсные нормативы экологической безопасности [45].

3.2 Разработка методик и алгоритмов информационного обеспечения геоинформационного моделирования параметров эколого-технологического управления ТППК

Региональные коммуникативные каналы; отраслевые, межотраслевые и региональные целевые базы данных; банки знаний со специфическим информационным содержанием, предназначенные для передачи, хранения и воздействия информации на биосферу; геоинформационных моделей нового поколения позволяют рассматривать и решать инженерные задачи био-окружающей среды с позиции биос-совместимости между всеми системами ноосферы: биосферы, экосферы и техносферы, которые в свою очередь являются составляющими ТППК, включая антропогенные, химические, тепловые, акустические, электромагнитные поля с нестационарными, импульсными, квазистационарными источниками воздействия на объекты биосферы с одновременным воздействием других экологических факторов. Законодательно учесть все многообразие показателей, определяющих отрицательные последствия

производственной деятельности и на основе информационной экологии воздействия информосферы как части техносферы на биосферу.

Роль информационных взаимодействий между элементами и системой, системой и ее внешней средой, применительно к ТППК, определяет его устойчивость, коммуникативную связь и выживаемость при адекватном взаимодействии источников и потребителей информации в виде управляющих органов и банков знаний.

Отдельный водопользователь ТППК определяется как субъект и неотъемлемый элемент объединенного и экологически устойчивого территориального природно-производственного комплекса. Расположение или решения по реконструкции/модернизации производственных площадей РПП должны быть согласованы с учетом размещения других видов производств, материальные потоки загрязняющих веществ и энергии, а также информационные потоки должны быть взаимоувязаны между всеми субъектами ТППК, при условии, что природоемкость производства не превосходит экологическую техноёмкость территории. Соотношение природоемкости к техноёмкости определяется методом качественной и количественной оценки потоков материалов и энергии. Таким образом, появляется задача интегрированного экологического управления территориального природно-производственного комплекса, при решении которой необходимо учитывать комплекс природных условий, присущих рассматриваемой территории, а также комплекс объектов водопользования, включающих сельскохозяйственный сектор, промышленные производства и коммунальное хозяйство.

Учитывая вышеизложенное, для решения этой задачи предложено применение региональной (бассейновой) геоинформационной модели, которая строится на основе картографической информации; структурированной информации о результатах полевых исследований с инструментальной ориентированной в пространстве привязкой; архивной информации. Интегрированный банк знаний содержит связанные данные, позволяющие

обеспечить решение концептуальных задач, с помощью применения методов расчета показателей окружающей среды, которое обеспечивает весь информационно-технологический комплекс (ИТК). Получение необходимой информации при обосновании экологически оправданных и экономически обоснованных решений достигается с помощью методологии расчета основных экологических показателей ТППК, на базе результатов которого создается ИТК.

Геоинформационная модель ТППК, включающая и модель РПП, представляется в виде отдельных слоев, атрибутивные таблицы которых содержат основные характеристики и описания объектов исследования (рисунок 3.2.1) в виде следующей информации:

1. Общая характеристика водопользователя: наименование; форма собственности; реквизиты; область деятельности; вид и годовой объем выпускаемой продукции.

2. Экологические аспекты деятельности производственного объекта:

- состав и количество выбросов в атмосферный воздух;
- состав и количество сбросов сточных вод в водные объекты;
- состав и количество твердых отходов;
- способы утилизации отходов;
- возможные источники пожаро- и взрывоопасности.

3. Нормативно-правовая база деятельности водопользователя по охране окружающей среды:

– федеральные законы, постановления Правительства РФ, указы Президента РФ, приказы Минприроды;

- федеральные и региональные нормативно-правовые документы;
- ГОСТы, СНИПы, СанПиНы, ГНы;
- международные стандарты;
- концепции, стратегии, федеральные целевые программы и др.;
- стандарты производственного объекта, регламентирующие природоохранную деятельность.

4. Экологическая политика предприятия.
5. Экологические программы (планы реализации экологической политики).
6. Основные характеристики экологического управления: организационные ресурсы; измерительное и метрологическое обеспечение; техническое обеспечение; информационное обеспечение; кадровые ресурсы.

К организационным ресурсам экологического управления могут относиться следующие имеющиеся на предприятии средства, возможности, ценности, запасы, обеспечивающие стабильное функционирование производственной системы:

- система распределения ответственности между должностными лицами, подразделениями;
- система внутренних и внешних информационных связей;
- система документирования;
- планы действий при аварийных и нештатных ситуациях;
- программа проведения проверок со стороны уполномоченного представителя руководства предприятия.

К измерительному и метрологическому обеспечению производителя полупроводниковых приборов и микроэлектроники относятся следующие приборы и оборудование: термометры, испытательное оборудование, манометры, приборы измерения количества и качества подаваемой электроэнергии. К техническому обеспечению производства относится находящееся в собственности предприятия оборудование, такое как: станция ввода жидких добавок в смазочные смеси, бункер для подачи подпитки, вибросито, бункер для готовой продукции, дезинтегратор, возвратный питатель, аспирационная система, металлоконструкции, адсорбционные фильтры, а также транспортные средства. К кадровому обеспечению - объединенные навыки, интеллект и специальные знания работников, помогающие предприятию достигать поставленных целей, совершенствоваться и развиваться.

Информационное обеспечение может включать: законодательные, нормативные и справочные данные; базы данных и программы для расчетов

загрязнений компонентов окружающей среды; автоматизированные системы управления экологическими платежами; информационные системы производственного экологического контроля и мониторинга.

Информационная экология обеспечивает совместимость всех систем ноосферы, включая техносферу, экосферу, биосферу и информосферу. Модель ТППК в ГИС включает совокупность геоданных, состоящих из:

- географических, линейных и временных координат точек наблюдений и контроля G_k ;
- нормативно-правовой, методической и метрологической информации G_n ;
- информацию об исследуемом объекте в виде атрибутивных данных G_r .

Данные контроля и мониторинга показателей отдельных производств ТППК отображаются как система геоданных, в которой дается описание всех характеристик, требуемых для решения поставленной задачи, в виде модели: $S = \{s, G_k, G_n, G_r\}$.

При этом, водный объект в ГИС изображается в виде модели, включающей полигоны с однотипными характеристиками (гидрологическими, абиотическими, морфологическими). Сформированная модель применяется совместно с расчетной схемой водопользования и спецификой обеспечения качества воды. Совокупность программно-информационных средств и модулей позволяет использовать имитационные математические модели с целью расчета полей концентрацией с учетом установленных ограничений (граничных и начальных условий).

В таблице 3.2.1 приведены типовые математические модели детерминированного типа, состоящие из уравнений движения и баланса вещества, физико-химической гидродинамики в виде турбулентной диффузии или конвективно-диффузионного переноса и превращения неконсервативных примесей, представляющие основу геоинформационной модели ТППК (экологического блока) [37, 110, 114, 116, 117].



Рисунок 3.2.1 – Структура системы «ГИМС-ТППК»

В общем случае полуэмпирическое уравнение турбулентной диффузии записывается в следующем виде:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial U_{\alpha} C}{\partial x_{\alpha}} = \frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} K_{\alpha\beta} \frac{\partial C}{\partial x_{\beta}} + M_c, \quad (3.2.1)$$

где U_{α} - проекция актуальной скорости на ось x_{α} ($\alpha=1,2,3$);

$K_{\alpha\beta}$ - тензор коэффициентов турбулентной диффузии,

M_c – параметр, характеризующий трансформацию примесей.

При решении практических задач, как правило, предполагается, что неоднородность поля турбулентности невелика и главные оси тензора $K_{\alpha\beta}$ совпадают с координатными осями, т.е. $K_{\alpha\beta}=0$ при $\alpha\neq\beta$. В отдельных случаях недиагональные составляющие $K_{\alpha\beta}$ не всегда пренебрежительно малы (например, для безнапорных потоков).

Принимаем, что главные оси тензора совпадают с осями используемой декартовой системой координат. В этом случае $K_{xy}=K_{xz}=K_{yx}=K_{yz}=K_{zx}=K_{zy}=0$. Обозначим далее $K_{\alpha\alpha}=D_\alpha$, $K_{yy}=D_y$, $K_{zz}=D_z$.

Тогда уравнение КДПиПВ примет вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} + V_z \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial D_x}{\partial x} \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} \frac{\partial C}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z} \frac{\partial C}{\partial z} + M_c. \quad (3.2.2)$$

В уравнении (3.2.2) содержится семь неизвестных переменных: C , V_x , V_y , V_z , D_x , D_y , D_z . Последние шесть из них могут быть определены путем решения гидродинамических уравнений.

Для получения решения уравнения (3.2.2) необходимо задать краевые условия (начальные и граничные). Начальные условия для искомой функции C записываются в виде:

$$C=C_0(x,y,z,0) \text{ при } t=t_0, \quad (3.2.3)$$

где $C_0(x,y,z,0)$ – известная функция координат.

Это означает, что в момент времени t_0 распределение концентрации примеси в пространстве является известным.

Так как уравнение (3.2.2) содержит вторые производные по всем трем координатам, то в качестве граничных условий необходимо задать по два граничных условия по каждой из трех координат. Для расчета положим, что решение уравнения (3.2.2) ищется в прямоугольной области с нижней и верхней границами, являющимися горизонтальными плоскостями $z=z_1$ и $z=z_2$, а для водоема поверхность потока $z=0$ или $z=z_0$. Для водоема «боковые» границы могут быть заданы аналогичным образом на берегах реки или в форме полубесконечности моря.

Для ограничений прямоугольной области граничные условия в самом общем виде записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{при } X=X_1 \quad C=C_{X1}, \text{ при } X=X_2 \quad C=C_{X2}, \\ y=y_1 \quad C=C_{y1}, \text{ при } y=y_2 \quad C=C_{y2}, \\ z=z_1 \quad C=C_{z1}, \text{ при } z=z_2 \quad C=C_{z2}. \end{aligned} \quad (3.3.4)$$

В соответствии с выражениями (6) на каждой из границ задаются значения искомой функции. В случае неограниченной области расчета часто задается обращение искомой функции или ее производной в нуль при безграничном удалении от начала координат.

$$\begin{aligned} X \rightarrow \pm\infty, C \rightarrow 0 \\ y \rightarrow \pm\infty, C \rightarrow 0 \\ X \rightarrow \pm\infty, \frac{\partial C}{\partial X} \\ \text{При } y \rightarrow \pm\infty, \frac{\partial C}{\partial y} \end{aligned} \quad (3.2.5)$$

Для верхней границы водного потока задается при $z=0 \quad \frac{\partial C}{\partial z} = 0$.

При расчете распространения примесей в водном объекте на дне и боковых границах задается условие непроницаемости:

$$\begin{aligned} \text{при } z=H \quad B > y > 0 \quad \frac{\partial C}{\partial z} = 0 \\ y=y_1 \quad H > z > 0 \quad \frac{\partial C}{\partial z} = 0 \\ y=y_2 \quad H > z > 0 \quad \frac{\partial C}{\partial z} = 0 \end{aligned} \quad (3.2.6)$$

В случае граничных условий I рода (задача Дирихле) на границе расчетной области водного объекта x задается распределение значений исходной функции:

$$C|_x = f_1(x, y, z). \quad (3.2.7)$$

К этому типу относятся условия (3.2.4) и (3.2.5).

В соответствии с предложенной типизацией структуры решаемых задач геоинформационного моделирования РПП в составе ТППК, а также на основе схематизации процессов КДПиПВ построена система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих широкий класс типовых задач с

соответствующими краевыми условиями (таблица 3.2.1) [41], положенная в основу метода перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с применением геоинформационной онлайн-системы.

Таблица 3.2.1 – Основные типы моделей КДПиПВ, реализованные в системе «ГИМС-ТППК»

№	Тип уравнения
1	$\frac{\partial C}{\partial t} + v \cdot \frac{\partial C}{\partial x} = f(x, t, C)$
2	$\frac{dC_2}{dt} = \frac{dC_1}{dt} + k_2 \cdot (C_{2np} - C_2)$
3	$\frac{dC_1}{dt} = -\alpha \cdot C_1 \cdot C_2$
4	$\frac{\partial C}{\partial t} + v_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} = D_x \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - k_1 \cdot C.$
5	$\frac{\partial}{\partial x}(Q \cdot C) = \frac{\partial}{\partial y} \left(\omega \cdot D_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} \right) - k_1 \cdot \omega \cdot C$
6	$\frac{\partial(\omega \cdot T)}{\partial t} + \frac{\partial(Q \cdot T)}{\partial x} = \frac{\partial[\omega \cdot D_x \cdot \partial T / \partial x]}{\partial x} - k_1 \cdot \omega \cdot (T - T_l)$
7	$\frac{\partial(\omega \cdot C_i)}{\partial t} + \frac{\partial(Q \cdot C_i)}{\partial x} = \frac{\partial[\omega \cdot D_x \cdot \partial C / \partial x]}{\partial x}$
8	$B \cdot \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$
9	$\frac{\partial}{\partial t}(\omega \cdot C) + \frac{\partial}{\partial x}(Q \cdot C) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\omega \cdot D_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} \right) - k_1 \cdot \omega \cdot C$
10	$v_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} = D_y \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - k_1 \cdot C$
11	$v \cdot \frac{\partial C}{\partial x} = D_y \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - k_1 \cdot C$

№	Тип уравнения
12	$v_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} + v_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} + v_z \cdot \frac{\partial C}{\partial z} = D_x \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - k_1 \cdot C$
13	$\frac{\partial C}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} = D \cdot \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right)$

где Q – расход воды, м³/сек; k_1 – коэффициент биохимического окисления, 1/сут; ω – площадь поперечного сечения русла, м²; v_x, v_y, v_z ($\vartheta_x, \vartheta_y, \vartheta_z$) – средние скорости течения, м/сек; D_x, D_y, D_z – коэффициенты продольной, поперечной диффузии и диффузии по вертикали соответственно, м²/сек; C – концентрация вещества, мг/л; t – время, с; T – температура воды, °С; x – продольная координата, м; y – поперечная координата, м; z – координата по вертикали; B – коэффициент; L – длина расчётного участка, м.

Представленные в Таблице 3.2.1 выражения (1-12) описывают трансфер загрязняющих веществ (ЗВ) в водных объектах. С целью моделирования нормирования нагрузки водопользователей ТППК методом полных потоков пресной воды применяется выражение (13) из Таблицы 3.2.1 с двухмерной нестационарной аппроксимацией при условии, что водоемы бассейна небольшой глубины.

Предложенная система уравнений решается методом конечных разностей с ограничениями устойчивости корреляции шагов по оси координат и временным рамкам. Задача определения трансфера ЗВ в водном объекте реализуется с помощью алгоритма Фельзембаума [108].

Для определения концентраций необходимо задать начальные и граничные условия, которые принимаются по данным производственного экологического мониторинга. В предложенной геоинформационной модели ТППК («ГИМС-ТППК») коэффициент поперечной диффузии (D_y) определяется с учетом типизации водного объекта и на основе имеющихся данных исследований

водотока по гидрологическим характеристикам. При моделировании нормирования нагрузки следует учитывать то, что в пределах расчетной области концентрации ЗВ не меняются. По результатам моделирования создается шейп-файл в виде таблицы атрибутов, в котором каждому из большого количества полигонов, создающих шейп-файл, присваивается соответствующий *tx* и *py*. Также в сформированный шейп-файл записываются значения поля концентраций, рассчитанные в результате создания карт с помощью ГИС-технологий.

Таким образом, каждый водопользователь ТППК имеет возможность в режиме онлайн оперативно обмениваться информацией, связанной с перераспределением нагрузки между субъектами ТППК на основе установленных квот водопотребления и водоотведения, а также передавать данные другим заинтересованным сторонам. При этом получатель может не только оценивать полученную информацию в стационарном режиме, но и анализировать выбранные объекты в интерактивном режиме, а также редактировать названия объектов для создания собственных баз данных.

Предложенная модель «ГИМС-ТППК» по информационному обеспечению геоинформационного моделирования параметров эколого-технологического управления ТППК позволяет:

1. Перераспределять техногенную нагрузку на водные объекты между субъектами ТППК по нормативам допустимого сброса, рассчитанных в границах разработанных нормативов допустимого воздействия водного бассейна, на основании установленных квот для каждого водопользователя и для бассейна в целом.
2. Разрабатывать технико-экономические обоснования проектов строительства, реконструкции (модернизации) объектов промышленности, сельского и коммунального хозяйств территориального природно-производственного комплекса.
3. Осуществлять моделирование процессов КДПиПВ, принимая во внимание реальные и плановые гидрохимические характеристики водного объекта и

показателей сбрасываемых сточных вод, а также изменений характеристик и показателей при авариях на производственных и коммунальных объектах, и при природных чрезвычайных ситуациях. В каждом отдельном случае определяются зоны подверженные максимальному загрязнению.

4. Повышать эффективность водопользования отдельных водопользователей за счет сокращения суммарных природоохранных платежей за негативное влияние на водный объект (затраты по обеспечению НДС) всеми субъектами ТППК.
5. Решать задачи долгосрочного (стратегического), оперативного (текущего) менеджмента, а также управления в условиях чрезвычайных ситуаций.

3.3 Разработка метода перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с применением геоинформационной онлайн-системы

В связи с недостаточностью методических основ определения нормативов допустимого сброса для отдельного водопользователя ТППК в пределах, установленных для бассейнового территориального природно-производственного комплекса нормативов допустимого воздействия, возникает задача разработки и обоснования критериев распределения техногенной нагрузки между субъектами водопользования ТППК. Для решения данной задачи предложен критерий распределения техногенной нагрузки в рамках ТППК ($K_{\text{тех}}$) [41], который учитывает:

- а) фактический объем сбрасываемых стоков;
- б) режим водоотведения;
- в) уровень соответствия технологии основного производства, а также технологии системы очистки сточных вод, отраслевым НДТ;
- г) социальное значение каждого водопользователя ТППК.

Задача оптимизации распределения нагрузки описывается выражениями 2.2.1 и 2.2.2 и подробно рассмотрена в параграфе 2.2. Для соблюдения интересов в

сфере водопользования каждого субъекта ТППК следует обеспечить выделенные ему квоты сброса сточных вод, а также гарантировать экологически устойчивое состояние бассейна рек и озер при минимизации суммарных затрат от всех водопользователей ТППК. Данное условие является целевой функцией предложенного алгоритма оптимизации.

С целью определения показателе оптимальности введены следующие граничные условия:

1. В контрольных створах водопользования должны быть обеспечены минимальные концентрации ЗВ (минимально низкий уровень загрязнения):

$$C_{max} \leq 2 \cdot C_n \quad (3.3.1)$$

где

C_{max} – максимальная концентрация ЗВ, мг/л;

C_n – норматив качества воды (НКВ), мг/л.

При этом, концентрация ЗВ в стоках не должна превосходить максимальный предел среднего значения загрязненности.

2. Общий объем сброса ЗВ от всех водопользователей бассейна ТППК не должен превосходить установленный НДВ (диффузный сток не учитывается):

$$\sum_{i=1}^n \text{НДС}_i \leq 0,8 \cdot \text{НДВ} - M_{\text{диф},i}, \quad (3.3.2)$$

где $\sum \text{НДС}_i$ – общий сброс ЗВ по НДС от всех водопользователей отдельного ВХУ ТППК по i -му ЗВ;

НДВ_i - норматив допустимого воздействий по i -му ЗВ;

$M_{\text{диф},i}$ – рассредоточенный (диффузный) сток ЗВ от неуправляемых и условно управляемых источников загрязнения по i -му ЗВ;

0,8 - коэффициент, определяющий долю допустимой нагрузки, которая может быть использована водопользователями ТППК с целью обеспечения экологически устойчивого развития региона (не более 80%).

3. Разработанный НДС не может превосходить уровень фактического сброса сточных вод от отдельного водопользователя:

$$\text{НДС}_i \leq M_{\text{факт},i} \quad (3.3.3)$$

4. Если промышленное производство относится к первой категории объектов значительного негативного влияния на водные ресурсы то, НДС не может быть меньше показателя, достигаемого с применением НДТ:

$$\text{НДС}_i \leq \Pi_i \cdot q_{ni}, \quad (3.3.4)$$

где Π_i - объем выпускаемой продукции промышленного предприятия, т;
 q_{ni} - удельный норматив образования i -го ЗВ на 1 тонну выпускаемой продукции с условием внедрения отраслевых НДТ, г/т.

На Рисунке 3.3.1 представлен алгоритм, положенный в основу метода перераспределения нагрузки (квот сброса сточных вод) для предприятий радиоэлектроники и приборостроения. Разработанный метод, включающий расчет распределения квот сброса сточных вод между субъектами ТППК в соответствии с предложенным алгоритмом, реализуется с помощью, рассмотренной в параграфе 3.2 модели «ГИМС-ТППК» интегрированного управления ТППК по сложным атрибутивным и пространственным запросам при выполнении ГИС-анализа.

Основные этапы решения задачи перераспределения нагрузки между водопользователями ТППК в соответствии с разработанным алгоритмом:

1. Определение общего объема сброса ЗВ от всех водопользователей бассейна ТППК без учета, рассредоточенного (диффузного) стока проводится по формуле (3.3.2). При этом, если реальный рассредоточенный сток больше установленной квоты для отдельного ВХУ, то водопользователи, расположенные в границах данного ВХУ, не могут сбрасывать больше ЗВ в водный объект. Это может быть возможно при условии, что концентрация ЗВ в стоке не превышает НКВ.

Если $\sum \text{НДС}_i$ имеет отрицательное значение, то НДС_i рассчитывается по формуле:

$$\text{НДС}_i = C_{ni} \cdot q_{\text{ст},i}, \quad (3.3.5)$$

2. Определение НДС для отдельного производства по каждому расчетному участку осуществляется следующим образом:

$$\text{НДС}_i = \sum_{i=1}^n \text{НДС}_i \frac{M_i / M_{\text{общ},i} + K_{\text{эф},i} / \sum_{i=1}^n K_{\text{эф},i}}{2}, \quad (3.3.6)$$

где $K_{\text{эф},i}$ - коэффициент эффективности водопользования j -м производством;

M_i – фактический объем стоков j -го производства, м³/год;

$M_{\text{общ},i}$ – суммарный фактический объем сброса ЗВ всеми водопользователями бассейнового ТППК фактическая масса сброса вещества всеми предприятиями бассейна, м³/год.

3. Проверка применения ограничений.

Проверка полученных результатов по установленным ограничениям заключается в сравнении объемов стоков (фактического и допустимого) от сосредоточенных (точечных) источников негативного воздействия.

Если фактический сброс сточных вод в пределах ВХУ меньше квоты антропогенной нагрузки на водный объектов выделяемой водопользователей ТППК ($M_{\text{факт},i} < \sum \text{НДС}_i$), то для всех производств в качестве нормативов допустимых сбросов берутся фактические объемы сброса ЗВ.

$$\text{Если } \text{НДС}_{ij} > M_{\text{факт},i}, \text{ то } \text{НДС}_{ij} = M_{\text{факт},i} \quad (3.3.7)$$

Если значение отношения фактической концентрации ЗВ в стоке к разработанному НКВ больше чем средняя степень загрязненности (N), то величина допустимой концентрации и, соответственно, НДС пересчитываются.

$$\text{Если } \frac{C_{\text{ст},i}}{C_{\text{ни}}} > N, \text{ то } \text{НДС}_i = C_{\text{ни}} \cdot N \cdot q_{\text{ст},i}, \quad (3.3.8)$$

У промышленных производств первой категории негативного влияния на водные объекты НДС_i не должно быть меньше значения технологического норматива, установленного в отраслевом ИТС НДТ.

$$\text{Если } \text{НДС}_i \leq Q_i \cdot q_{\text{ни}}, \text{ то } \text{НДС}_i = Q_i \cdot q_{\text{ни}}, \quad (3.3.9)$$

4. Моделирование трансфера (переноса) ЗВ.

В первую очередь необходимо выбрать и обосновать типовую математическую модель (Таблица 3.2.1), которая будет соответствовать фактическим экологическим параметрам ТППК. Моделирование процессов КДПиПВ осуществляется с учетом существующих и плановых гидрохимических характеристик водного объекта и показателей сбрасываемых сточных вод, а также изменений характеристик и показателей при авариях на производственных и коммунальных объектах, и при природных чрезвычайных ситуациях, на основе информационных данных ГИМС, включая данные представляемые каждым предприятием в форме 2-ТП (водхоз), а также данные о типе и конструкции водовыпусков каждого промышленного производства.

По результатам расчета нормативов допустимых сбросов для каждого промышленного производства по формуле (3.3.10) определяется концентрация ЗВ в стоках:

$$C_{ст} = \frac{НДС_i}{q_{ст}}, \quad (3.3.11)$$

где $q_{ст}$ – объем сброса сточных вод от производства, м³/сек.

Следующим шагом будет расчет уровня воздействий всех источников ЗВ в контрольных створах водопользования по нескольким разнохарактерным вариантам исходных данных с помощью ИМ процессов в водных объектах ТППК и сравнение полученных результатов с показателем, определяющим минимальную степень загрязненности. В случае, когда этот параметр не превышен, то осуществляется переход к этапу № 5. Если показатель минимальной степени загрязненности превышает требуемое значение, то осуществляется переход к этапу 6.

5. Перераспределение техногенной нагрузки между водопользователями ТППК.

а) расчет ресурса (резерва) объема сброса ЗВ:

$$\sum_{i=1}^n НДС_i = \sum_{i=1}^n НДС_i - \sum_{i=1}^n НДС_{iизмен}, \quad (3.3.12)$$

В соответствии с данным выражением определяются НДС для тех производств, для которых выполнены установленные выше ограничения.

б) расчет НДС для тех производств, для которых ограничения не выполнены в соответствии с этапом № 2 алгоритма:

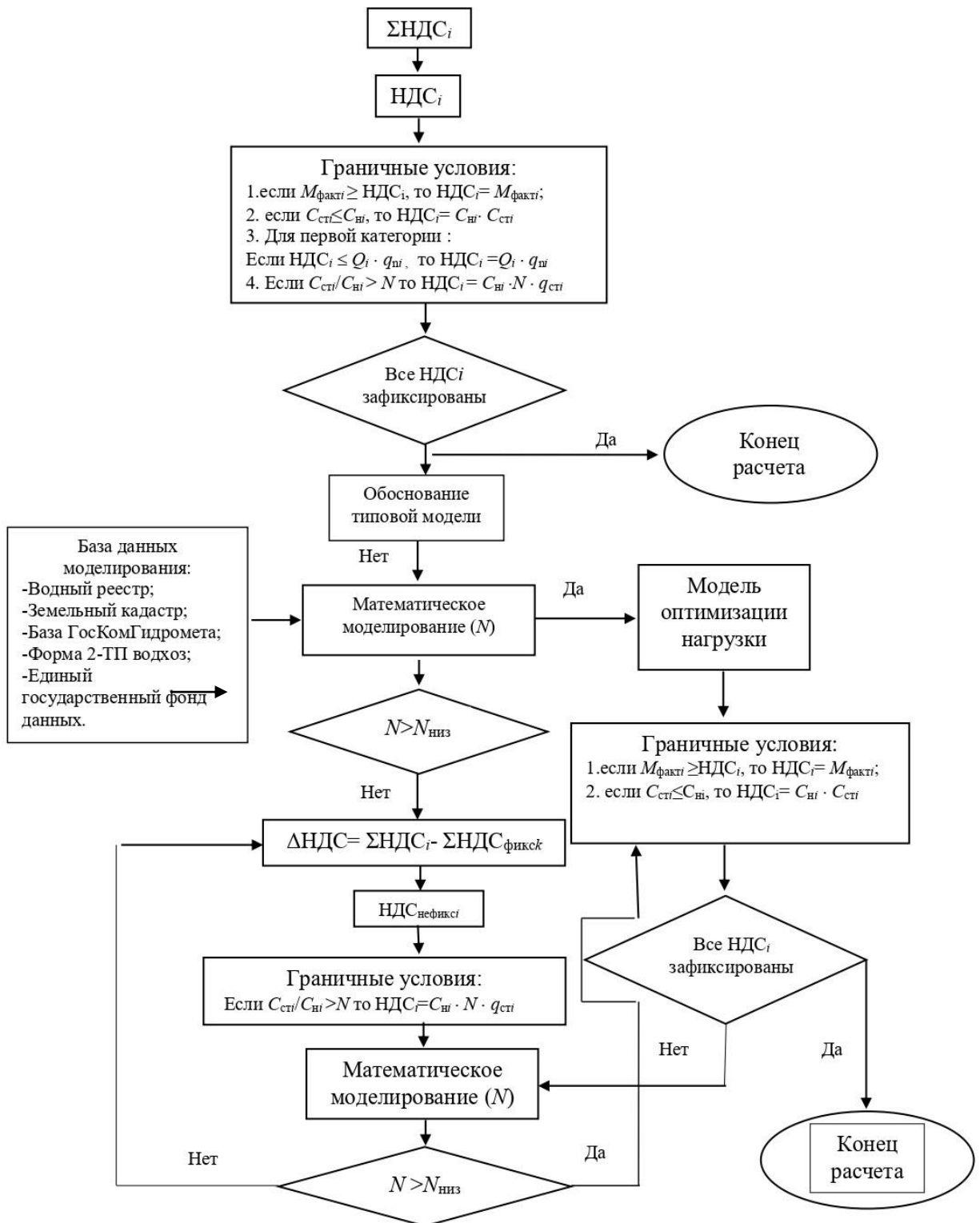


Рисунок 3.3.1 - Алгоритм расчета распределения нагрузки для предприятий

$$НДС_i = \sum_{i=1}^n НДС_i \cdot \frac{M_i / M_{общ\ i} + K_{эфj} / \sum_{i=1}^n K_{эфj}}{2}, \quad (3.3.13)$$

Для предприятий, у которых изначально рассчитанный норматив допустимых сбросов был определен, расчет считается законченным.

6. Сокращение техногенной нагрузки водопользователей ТППК.

Если показатель минимальной степени загрязненности превосходит допустимую нагрузку при фактических объемах сброса ЗВ в контрольном створе водопользования, то необходимо снизить нагрузку для неучтенных производств, то есть для этих водопользователей, следует провести процедуру проверки ограничений (этап № 1) и рассчитать НДС в соответствии с этапом № 2.

Расчет НДС заканчивается, когда для всех водопользователей ТППК установлены нормативы допустимых сбросов.

Разработанный метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с применением геоинформационной онлайн-системы позволяет:

а) разрабатывать технико-экономическое обоснование для проектов строительства новых хозяйственных объектов экономики, модернизации и реконструкции действующих промышленных предприятий с учетом неоднородных производственных показателей в границах отдельного ТППК;

б) снижать уровень техногенной нагрузки от отдельных производств ТППК при суммарных минимальных платежах за НВОС (затратах по обеспечению НДС) субъектов (производственных систем) отдельного водохозяйственного участка или всего ТППК;

в) моделировать процессы переноса загрязняющих веществ в водном объекте при штатных, аварийных и плановых условиях, а также с учетом состава сбрасываемых сточных вод и естественных природных изменений.

3.4 Выводы по третьей главе

1. Определена номенклатура эколого-технологических показателей РПП на отраслевом уровне и дополнена с учетом региональной специфики и приоритетов развития ТППК на основе эколого-технологической сбалансированности и биос-совместимости без ущерба биосфере и экосфере на регионально-бассейновом уровне.
2. Установлено, что количественная оценка эколого-технологических показателей отдельного РПП в рамках ТППК и способность обеспечивать требуемое качество функционирования при нормированных значениях параметров других водопользователей определяется применением геоинформационных моделей нового поколения.
3. Основной проблемой в условиях имитационного моделирования нормирования нагрузки от субъектов ТППК становится получение объективных фактических данных, структурной и результативной информации, кроме того необходима структуризация информации в соответствии с установленными целями. Структурная информация определяет установление нормативов качества для радиоэлектронных и приборостроительных производств, а также водопользователей ТППК других секторов экономики. Результативная (оперативная) информация используется для формирования проектов установления НДС и обоснования разработанных нормативов, а также при разработке СКИОВО бассейнов рек и озер для создания плана мероприятий по реализации целевых показателей экологического состояния бассейнового ТППК.
4. Предложенный инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования и информационное обеспечение геоинформационного моделирования эколого-технологического управления ТППК позволяет сформулировать задачу

совершенствования программы управления и развития блоков территориального природно-производственного комплекса, решив которую можно достичь прогресса по реализации установленных переходных и итоговых целей по заданным условиям факториала критериев эффективности. Ужесточение требований по обеспечению качества прогнозов и оперативного решения вопросов распределения техногенной нагрузки субъектов ТППК на межотраслевом уровне, основанного на эколого-технологической оптимизации водопользования в рамках территориального природно-производственного комплекса.

5. Необходимость обеспечения природоёмкости производства на уровне не выше экологической техноёмкости территории предопределило задачу интегрированного экологического управления территориального природно-производственного комплекса, при решении которой необходимо учитывать комплекс природных условий, присущих рассматриваемой территории, а также комплекс объектов водопользования, включающих сельскохозяйственный сектор, промышленные производства и коммунальное хозяйство.
6. Для решения этой задачи предложено применение региональной (бассейновой) геоинформационной модели, которая строится на основе картографической информации; структурированной информации о результатах полевых исследований с инструментальной ориентированной в пространстве привязкой; архивной информации. Интегрированный банк знаний содержит связанные данные, позволяющие обеспечить решение концептуальных задач, с помощью применения методов расчета показателей окружающей среды, которое обеспечивает весь информационно-технологический комплекс (ИТК). Получение необходимой информации при обосновании экологически оправданных и экономически обоснованных решений достигается с

помощью методологии расчета основных экологических показателей ТППК, на базе результатов которого создается ИТК.

7. Имитационная геоинформационная моделирующая система позволяет установить нормативы и перераспределять техногенную нагрузку для субъектов ТППК с применением геоинформационной онлайн-системы в зависимости от принятых критериев установления квот нагрузки. Для различных уровней организации РПП в рамках ТППК устанавливаются территориальные, отраслевые и ресурсные нормативы экологической безопасности.
8. Разработан метод перераспределения техногенной нагрузки по различным сценариям комбинированного воздействия для промышленных предприятий территориальных природно-производственных комплексов с применением геоинформационной онлайн-системы экологического менеджмента и управления квотированием антропогенной нагрузки для водопользователей, который позволяет определять районы негативного влияния действующих производств и районы подверженные максимальному загрязнению, снизить негативное влияние производств на водную среду отдельного речного бассейна за счет оптимизации уровня нагрузки.
9. Для повышения эффективности системы экологического управления межотраслевыми взаимоотношениями производственных систем ТППК предложены критерии установления квот техногенной нагрузки и ее распределения между субъектами ТППК:
 - внедрение наилучших доступных технологий;
 - отнесение объекта к социально-значимым;
 - экологическое состояние водных объектов по показателям загрязнения в установленных контрольных точках ТППК.

10. Разработанный метод перераспределения техногенной нагрузки на основании квот для субъектов ТППК с применением геоинформационной онлайн-системы позволяет:

- а) разрабатывать технико-экономическое обоснование для проектов строительства новых хозяйственных объектов экономики, модернизации и реконструкции действующих промышленных предприятий с учетом неоднородных производственных показателей в границах отдельного ТППК;
- б) снижать уровень техногенной нагрузки от отдельных производств ТППК при суммарных минимальных платежах за НВОС (затратах по обеспечению НДС) субъектов (производственных систем) отдельного водохозяйственного участка или всего ТППК;
- в) моделировать процессы переноса загрязняющих веществ в водном объекте при штатных, аварийных и плановых условиях, а также с учетом состава сбрасываемых сточных вод и естественных природных изменений.

Глава 4. Разработка методов и средств эколого-технологической оптимизации природоохранных мероприятий РПП на регионально-бассейновом уровне

4.1 Разработка метода формирования внутриотраслевых региональных (бассейновых) взаимоотношений водопользователей ТППК

4.1.1 Определение задач по обеспечению рационального использования водных ресурсов водопользователями в рамках ТППК

Одной из 17 основополагающих целей Повестки дня в области устойчивого развития на период 2030 года является обеспечение рационального использования водных ресурсов, на глобальном, региональном (бассейновом) и локальном (производственном) уровнях, включая вопросы экологического управления, обращение со сточными водами и управление экосистемными ресурсами на уровне промышленных производств в рамках водохозяйственных комплексов [18].

Целевая задача по достижению вышеуказанной цели направлена на обеспечение наличия достаточных объемов воды для населения, объектов экономики и окружающей среды путем установления лимитов и квот для водопользователей в рамках территориальных природно-производственных комплексов, а также повышение эффективности водопользования на внутриотраслевом и межотраслевом уровнях.

Определены критерии достижения данной целевой задачи:

- динамика изменения эффективности водопользования;
- уровень антропогенной нагрузки на водные ресурсы: отношение потребления воды субъектами ТППК к имеющимся запасам водных ресурсов в речном бассейне.

Решение целевой задачи по обеспечению рационального водопользования позволит водопользователям оценить в какой степени развитие их производства зависит от потребляемых водных ресурсов.

Разница между концепцией эффективности водопользования и концепцией продуктивности использования воды заключается в том, что в рамках первой продуктивность водопотребления не рассматривается в качестве фактора производства при осуществлении какого-либо конкретного вида деятельности. Иными словами, данный показатель свидетельствует об устранении причинно-следственной связи между социально-экономическим развитием производства и объемами водопользования и показывает, насколько возрастут объемы водопользования, если добавленная стоимость, отдельной промышленной отрасли увеличится на 10 %. Водопотребление — это концепция, которая в большей степени связана с продуктивностью, и применяется главным образом в отношении сельскохозяйственного сектора. Фактически промышленные предприятия не потребляют много воды, но при этом они используют огромные объемы этого ресурса. Хотя большая часть этой воды возвращается в окружающую среду, это почти не сказывается на сокращении того воздействия, которое они оказывают на этот ресурс.

Мониторинг эффективности водопользования по предложенным критериям в рамках целевой задачи позволяет получить в значительной мере взаимодополняющие данные. Динамика изменения эффективности водопользования – это экономический показатель, позволяющий оценить уровень взаимозависимости между экономическим ростом того или иного предприятия и его водопотреблением, тогда как критерий по уровню нагрузки на водные ресурсы является экологическим показателем, позволяющим отслеживать фактическую доступность пресноводных ресурсов. Лица, принимающие решения, могут объединять эту взаимодополняющую информацию, заложенную в двух показателях, чтобы понять, каким образом увеличение объемов водопользования сказывается на доступности водных ресурсов, а затем определить целевую

переломную точку, к достижению которой следует стремиться, чтобы устранить причинно-следственную связь между объемами водопользования и экономическим ростом. Такая информация позволит субъектам ТППК разработать стратегию управления водопользованием и предпринять адекватные последующие действия, направленные на решение целевых задач по повышению эффективности водопользования и обеспечению комплексного управления водными ресурсами на межотраслевом и внутриотраслевом уровнях.

Показатель повышения эффективности водопользования способен помочь сформулировать внутриотраслевую водохозяйственную политику на региональном (бассейновом) уровне для водопользователей ТППК путем привлечения внимания к тем производственным субъектам ТППК, у которых эффективность водопользования находится на низком уровне. Это будет направлять предприятия в их усилиях по повышению эффективности водопользования и помогать им применять успешный опыт работы производств с высокой эффективностью водопользования для менее эффективных промышленных производств.

Использование вспомогательных показателей на уровне производств, включая мониторинг эффективности промышленных процессов и энергоемких процессов охлаждения, будет способствовать более качественной интерпретации показателя динамики повышения эффективности водопользования.

Еще одной целевой задачей достижения цели Повестки дня в области устойчивого развития до 2030 года по обеспечению рационального использования водных ресурсов, на глобальном, региональном (бассейновом) и локальном (производственном) уровнях является комплексное (интегрированное) управление водными ресурсами), которая включает два показателя:

1. Степень внедрения интегрированного управления водными ресурсами, в том числе и на бассейновом (региональном) уровне.
2. Управление трансграничными бассейнами территориальных природно-производственных комплексов.

Актуальность целевой задачи по управлению трансграничными бассейнами обусловлена тем, что большая часть мировых водных ресурсов находится в совместном пользовании: выявлено по меньшей мере 592 трансграничных водоносных горизонта, а трансграничные озера и речные бассейны занимают почти половину поверхности суши Земли, и на них, по оценкам, приходится 60% мировых запасов пресной воды.

Около 40% мирового населения проживает в бассейнах рек и озер, совместно используемых двумя или более странами, а свыше 90% проживают в странах, имеющих общие бассейны. Не является исключением регионы Санкт-Петербург и Ленинградская область, расположенные в трансграничном бассейне северной части Финского залива. Использование водных ресурсов может потенциально оказать влияние на все трансграничные воды (реки, озера и водоносные горизонты), что предопределяет необходимость сотрудничества между странами, разделяющими такие воды. Интенсивное водопользование, регулирование стока или загрязнение трансграничных вод могут поставить под угрозу развитие стран, именно поэтому необходимо приложить все усилия к укреплению трансграничного сотрудничества. Трансграничное водное сотрудничество может также выступать в качестве катализатора региональной интеграции и развития стран в более широком смысле, поскольку, действуя совместно страны могут добиться большего, чем если бы предпринимали действия в одностороннем порядке. Кроме того, такое сотрудничество является одним из необходимых предварительных условий для осуществления адаптационных стратегий в трансграничных бассейнах с целью смягчения последствий изменения климата.

Трансграничное водное сотрудничество может принимать самые различные формы на местном, национальном, региональном и глобальном уровнях. Хотя охватить все виды совместной деятельности невозможно, целевой показатель стремится охватить аспект, имеющий ключевое значение для поддержания

сотрудничества в долгосрочной перспективе, а именно наличие "действующих" соглашений или других договоренностей, заключенных между странами и касающихся конкретных трансграничных рек, озер и/или водоносных горизонтов. Значимость наличия конкретных соглашений или других договоренностей отражена в международных конвенциях по защите трансграничных водных объектов и в проектах статей по праву трансграничных водоносных горизонтов (Резолюции Генеральной Ассамблеи ООН №63/124, 66/104, 68/118 и 71/150, 2008 г.), а также в уже имеющемся опыте многих стран, которые приняли и эффективно реализовали такие соглашения и договоренности.

Целевой показатель определяется как доля площади трансграничного бассейна, в отношении которой имеется действующий механизм трансграничного водного сотрудничества в пределах государства.

Для трансграничного водного объекта (река, озеро, водоток, водохранилище) площадь бассейна определяется протяженностью его водосбора.

В случае трансграничного водоносного горизонта протяженность определяется исходя из схемы системы водоносного горизонта, которая обычно выполняется на основе информации по подповерхностным данным (в частности, протяженности геологических формаций). Как правило, схема систем водоносных горизонтов осуществляется на основе разграничения протяженности гидравлически связанных водоносных геологических формаций. Системы водоносных горизонтов представляют собой трехмерные объекты, а учитываемая площадь водоносного горизонта - это проекция системы на поверхность земли. Дополнительную информацию о водоносном горизонте в качестве водной статистической единицы, а также о типах водоносных горизонтов можно найти в Международных рекомендациях по водной статистике.

Площади, являющиеся частью бассейна трансграничной реки, озера или водоносного горизонта на территории страны (в км²) вычисляются по линии пересечения площадей бассейнов с границами страны.

Для обеспечения решения целевой задачи по интегрированному управлению водными ресурсами (ИУВР) на национальном и региональном (бассейновом) уровнях с учетом трансграничного воздействия необходимо создание баз пространственных данных по площадям бассейнов, которые следует хранить в формате шейп-файлов ГИС при необходимости в различных масштабах для облегчения необходимых расчетов. Надлежащей практикой является хранение данных ГИС по бассейнам рек и озер и по водоносным горизонтам в виде отдельных слоев данных, обеспечивая при этом согласованность систем координат и проекций, используемых для упрощения расчетов с использованием соответствующих инструментов пространственного анализа [77, 119].

Для интерпретации данных и представления отчетности следует также хранить достаточный объем вспомогательной информации. Особенно важно отслеживать критерии, определяющие механизм сотрудничества как действующий, с тем, чтобы с течением времени обеспечивать последовательность в процессе отчетности. Кроме того, необходимо вести учет сотрудничества по бассейнам рек и озер и водоносным горизонтам, проводить обмен информацией и в идеале согласовывать подходы посредством координации деятельности между прибрежными государствами или государствами, совместно использующих водоносный горизонт. В частности, ценной была бы согласованность среди всех стран, разделяющих одни трансграничные водные ресурсы. Сопоставимость данных можно постепенно улучшать благодаря проведению между странами диалога и технических исследований, особенно в отношении трансграничных водоносных горизонтов.

Методология расчета показателя по управлению трансграничными бассейнами

1. Идентификация трансграничных бассейнов на национальном уровне.

В качестве первого шага следует определить какие рек и озер и водоносные горизонты на территории страны являются трансграничными. В то время как идентификация трансграничных бассейнов рек и озер относительно проста,

идентификация трансграничных водоносных горизонтов может оказаться более сложной задачей.

Отсутствие трансграничных бассейнов рек и озер не должно рассматриваться как свидетельство отсутствия трансграничных водоносных горизонтов.

2. Расчет площади поверхности каждого трансграничного бассейна и водоносного горизонта и суммарной площади.

Как правило, границы бассейнов рек и озер уже определены с помощью топографических карт и площадь бассейна известна или легко поддается измерению.

В случае трансграничных водоносных горизонтов в распоряжении министерств и/или учреждений, компетентных в сфере водных ресурсов, имеются оценки протяженности водоносных горизонтов. Если оценочные данные не доступны, а проведение дополнительных исследований не представляется возможным, то можно использовать информацию о границах, полученную из глобальных баз данных.

Информацию о границах бассейнов рек и озер и протяженности водоносного горизонта можно проверить с помощью существующих открытых баз данных, и при необходимости можно представить ссылку на вспомогательный анализ данных или исследования. Также рекомендуется обеспечить согласованность данной информации с прибрежными государствами/государствами, совместно использующими водоносный горизонт.

Площади трансграничных водоносных горизонтов следует добавлять при расчете даже если они расположены внутри трансграничного речного бассейна, для того, чтобы отслеживать прогресс в осуществлении сотрудничества по трансграничным водоносным горизонтам. Поскольку площади как бассейнов рек и озер, так и водоносных горизонтов учитываются при расчете значения целевого показателя, то общая площадь трансграничных бассейнов может превышать площади самой страны. Однако так как величина показателя выражается в процентах, его максимальное значение может быть не более 100 процентов.

Использование ГИС-технологий упрощает выполнение данных расчетов.

3. Обзор существующих механизмов трансграничного водного сотрудничества и проверка того, на каких трансграничных воды распространяется механизм сотрудничества.

Проводится обзор всех существующих соглашений и других договоренностей (например, договоров, конвенций, меморандумов о взаимопонимании), имеющих отношение к трансграничным водным ресурсам, которыми страна пользуется вместе с другими, и сопоставление их с соответствующими трансграничными бассейнами рек и озер и/или водоносными горизонтами.

Поскольку давно заключенные соглашения/договоренности служат основой для действующего сотрудничества, не следует ограничивать анализ исключительно недавними соглашениями. Кроме того, варьируется и сфера охвата соглашений, например, некоторые соглашения могут относиться только к определенному виду использования, тогда как другие охватывают многие виды. Последующие шаги позволяют определить, обеспечивают ли различные договоренности оперативную поддержку трансграничного водного сотрудничества.

Ряд имеющихся действующих механизмов, направленных на интегрированное управление трансграничными водными ресурсами, распространяется как поверхностные, так и подземные воды. В таких случаях следует ясно понимать, что для расчета значения целевого показателя используется географическая протяженность обоих видов водных объектов (т.е. сумма протяженности трансграничных бассейнов рек и озер и трансграничных водоносных горизонтов).

В других случаях область применения может ограничиваться участком водотока на границе, тогда для расчета значения целевого показателя следует рассматривать только соответствующую область в качестве площади, на которую потенциально распространяется действующий механизм.

По завершении данного шага должно быть известно, какие трансграничные бассейны охвачены механизмами сотрудничества (и их соответствующие площади).

В тех ситуациях, когда бассейн разделяют более двух прибрежных государств, но только некоторые из них имеют действующие соглашения, значение целевого показателя может скрывать тот факт, что какая-то прибрежная страна не имеет действующих соглашений со всеми своими соседями вверх и вниз по течению.

4. Проверка того, какие из существующих механизмов трансграничного сотрудничества являются действующими

Следующий контрольный перечень позволяет государствам определить, каким критериям отвечает конкретный механизм сотрудничества, и, если выполняются все четыре критерия, то соглашение может считаться «действующим».

Контрольный перечень, позволяющий считать механизм сотрудничества действующим:

- существует ли совместный орган для осуществления трансграничного сотрудничества?
- проводятся ли регулярные совещания соответствующих государств (не реже одного раза в год), на политическом и/или техническом уровне?
- приняли ли прибрежные государства совместный(е) или скоординированный(е) план(ы) управления водными ресурсами, стратегии и/или задачи?
- проводится ли регулярный обмен информацией и данными между соответствующими государствами (не реже одного раза в год)?

Четыре критерия должны применяться в рамках рассматриваемого механизма сотрудничества, чтобы считать соответствующий трансграничный бассейн как бассейн, охваченный действующим механизмом сотрудничества.

Если на какой-либо из вышеупомянутых вопросов получен ответ "нет", то механизм сотрудничества не может считаться действующим.

Даже если рассматриваемая трансграничная площадь не охвачена формальным механизмом сотрудничества в области водных ресурсов, информация может быть представлена по каждому из четырех критериев. Это даст возможность для сбора, анализа и обмена полученными уроками касательно ситуаций, когда сотрудничество осуществляется вне формальных договоренностей.

Кроме того, государства имеют возможность представить дополнительную информацию о прогрессе в деле принятия и реализации любых договоренностей и совместных мер, которые не отвечают четырем критериям.

5. Расчет значения целевого показателя.

Значение целевого показателя рассчитывается путем сложения площадей трансграничных бассейнов рек и озер и/или водоносных горизонтов в стране, на которые распространяется действующий механизм сотрудничества и деления полученного результата на общую суммарную площадь трансграничных бассейнов в стране (включая водоносные горизонты). Затем общая сумма умножается на 100, чтобы получить долю в процентах.

Части территории страны с трансграничными бассейнами рек и/или озер и водоносных горизонтов, которые подпадают под действие двух действующих механизмов сотрудничества, будут учтена дважды. Это означает, что как площадь бассейнов рек и озер, так и протяженность водоносных горизонтов будут включены в расчеты. Такой подход позволяет отслеживать прогресс в сфере сотрудничества по трансграничным бассейнам рек и озер и водоносным горизонтам как по отдельности, так и совместно.

Если действующий механизм сотрудничества охватывает только суббассейн (или долю трансграничного бассейна), то это будет учтено при расчете за счет вычисления соответствующей площади, на которую распространяется действующим механизм сотрудничества (а не всей территории бассейна) [33].

Водохозяйственная инфраструктура является составной частью технической системы водохозяйственного комплекса ТППК. Техническая система предназначена для обеспечения хозяйственно-бытовых нужд населения, промышленных производств, сельскохозяйственных нужд и других секторов водопользования, а также для защиты водных объектов от загрязнения, истощения.

Система управления водными ресурсами и водопользованием предназначена для устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса (ВХК) в рамках ТППК. Система призвана регламентировать вопросы интегрированного управления водными ресурсами бассейнового (регионального) ТППК с целью защиты водных объектов от антропогенной нагрузки субъектов территориального природно-производственного комплекса (Рисунок 4.1.1) [119].

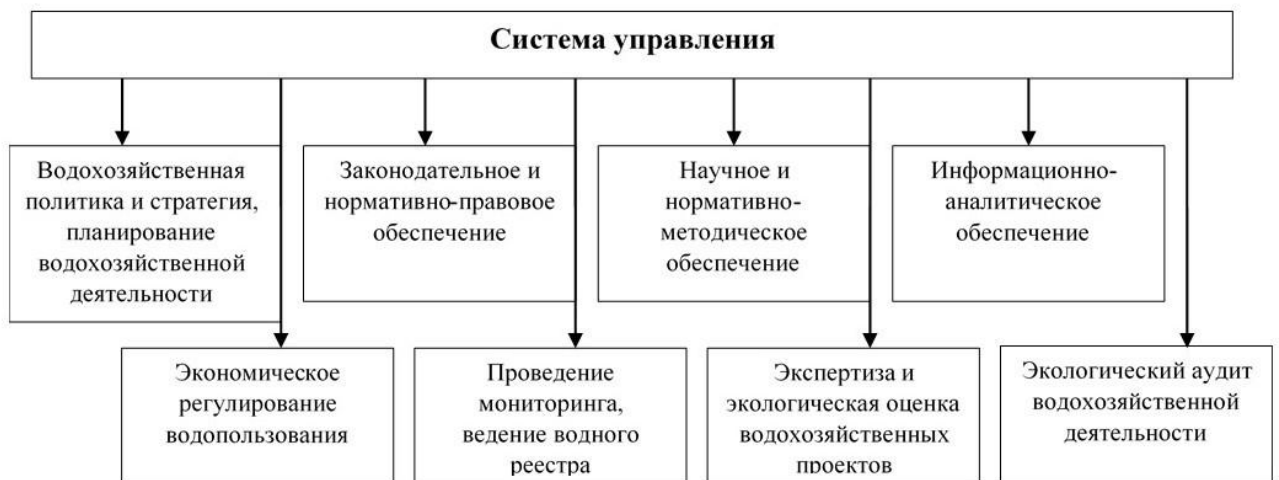


Рисунок 4.1.1 – Система управления ВХК ТППК

Стратегии ИУВР могут различаться в деталях на национальном, региональном и отраслевом уровнях, но должны быть согласованными.

Стратегическое планирование по сути является непрерывным процессом: цели и политика развития существуют или пересматриваются, и после

рассмотрения соответствующих вопросов становятся очевидными варианты реализации политики. Выбор конкретной стратегии затем приводит к реализации финансируемых программ и проектов, эффективность которых должна оцениваться. Обратная связь с оценкой эффективности может затем соответствующим образом изменить стратегию.

Ключевые области, которые следует учитывать при разработке водной стратегии:

- институциональные и кадровые механизмы;
- участие заинтересованных сторон;
- информационные системы;
- экономические аспекты;
- окружающая среда и здоровье; и
- международные соглашения.

В России базовым документом в сфере водной политики является «Водная стратегия РФ до 2030 года», сформированная в соответствии с Водным кодексом [14].

Законодательные и нормативные акты включает федеральные законы и единую нормативную базу по использованию водных ресурсов. Законодательство представлено в виде нескольких уровней. В основе первого уровня лежит Конституция Российской Федерации, второй уровень составляют законы, детализирующие общие положения Конституции РФ, третий уровень - подзаконные акты, а также разработанная на их основе нормативно-методическая документация.

Научная и нормативно-правовая документация выполняет функцию реализации законодательных актов первого и второго уровней. К этому блоку относятся всевозможные методические указания и рекомендации в сфере деятельности управления водным хозяйством.

Ключевую роль в управлении водохозяйственным комплексом выполняет экологический мониторинг водопользования. Работы, выполненные в области

экологического мониторинга, осуществляется на сети наблюдений геологической среды (подземные воды), водных объектов (сток, режим, качество вод, водохозяйственные системы), источников антропогенного воздействия (сброс сточных и других вод, водозабор) и зон их влияния [14].

Информационно-аналитическое обеспечение можно представить тремя подсистемами: подсистема регулярных наблюдений, измерений, описаний; подсистема сбора, хранения и обработки данных наблюдений; подсистема оценки и прогнозирования измерений.

Методология ведения наблюдений и обработки данных включает следующие основные процедуры: выделение объекта наблюдения; обследование состояния и составление информационной модели объекта наблюдения; планирование, организация, проведение и систематизация измерений; анализ, оценка фактического состояния объекта наблюдения и идентификация его информационной модели; прогнозирование измерений состояния и функционирования объекта наблюдения; представление информации и ее доведение до потребителя. Достижение устойчивого экологического безопасного водопользования возможно при гармонизации экологических и экономических интересов, стимулов.

Основными принципами экономического регулирования (платежи, штрафы, субсидии, страхование) использования и охраны водных объектов являются: платность водопользования, стимулирование рационального использования, плата за НВОС, восстановление и охрана водных ресурсов.

Экологическая экспертиза и оценка экологической составляющей водохозяйственных проектов регламентируется Федеральным законом «Об экологической экспертизе», принятым в ноябре 1995 г. Экологическая экспертиза базируется на законах, правилах, принципах экологического нормирования [106].

Основные принципы экологической экспертизы: императивный характер, приоритет медико-биологической безопасности, междисциплинарный, независимый и комплексный (многокритериальный) характер.

Экологическая экспертиза и ОВОС применяются при экологическом управлении. По логике все начинается с ОВОС, являющейся начальной фазы жизненного цикла объекта.

Прогноз воздействия объекта на ОС осуществляется по каждому виду воздействия (химическое, тепловое, звуковое, радиационное и т.д.) и отдельно для каждой среды.

В экологическом обосновании проектных решений проводится детальная проработка всех вопросов, связанных с оценкой экологической безопасности проектируемого объекта.

Применение экологического аудита, как инструментария управления деятельности водохозяйственным комплексом ТППК, является важным направлением реализации стратегии устойчивого развития.

При этом, могут устанавливаться следующие цели для водопользователей ТППК:

- обоснование экологической водной стратегии и политики;
- снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с экологическими аспектами деятельности субъекта ТППК;
- обеспечение экологически сбалансированного функционирования субъекта ТППК в соответствии с установленными требованиями в действующем природоохранном законодательстве.

При проведении экологического аудита промышленных производств в рамках ТППК оценивается соответствие осуществляемой деятельности экологическим требованиям.

Проведение экологического аудита на действующем промышленном предприятии позволяет:

- оптимизировать размеры платы за загрязнение окружающей природной среды;
- получить эколого-финансовое обоснование природоохранной деятельности предприятия;

- разработать план эффективных природоохранных мероприятий, направленных на снижение уровня вредного воздействия деятельности предприятия на окружающую среду.

На первом этапе проведения аудита выбирается объект аудита, составляется график аудита и подбирается группа аудиторов. Группа аудиторов разрабатывает контрольные листы (опросные листы) с учетом конкретных условий предприятия.

В качестве основы для проведения экоаудита в опросные листы могут включаться вопросы по следующим основным моментам:

1. Структура экологического управления:
 - детальное описание организации экологического управления;
 - какие системы управления, процедуры и политика применяются в области ООС.
2. Энергия и сбережение энергии:
 - описание типов энергии и источников энергосбережения;
 - детальное описание планов мероприятий по сбережению энергии.
3. Выбросы в атмосферный воздух:
 - основные выбросы в атмосферный воздух (состав и количественные характеристики), источники выбросов;
 - описание системы непрерывного контроля на предприятии;
 - указания на случаи несоответствия требованиям нормативно-правовой документации и составление перечня аварийных ситуаций, связанных с выбросами в атмосферный воздух.
4. Водопотребление и водоотведение:
 - описание источников образования стоков и технологий очистки сточных вод, очистного оборудования и установок;
 - механизм образования сбросов и водоотведения;
 - описание дренажных систем;
 - описание системы непрерывного контроля за сточными водами и сливами;

– описание нарушений нормативно-правовым требованиям.

5. Обращение с отходами:

– описание основных отходов и их источников (качественных и количественный состав);

– описание сооружений для хранения отходов и существующей практики хранения;

– проверка наличия лицензий на размещение отходов;

– описание практики переработки и удаления отходов;

– описание аварийных ситуаций, связанных с хранением и удалением отходов.

6. Опасные вещества и материалы: описание технологических процессов, при которых используются вредные материалы.

Следующим основным этапом проведения экологического аудита является работа на самом предприятии. Особое внимание при этом уделяется осмотру промышленных площадок тех участков, которые находятся вблизи границы территории предприятия, что позволяет определить места несанкционированного размещения отходов, наблюдать аварийные выбросы и сбросы.

По результатам анализа исходных данных и осмотра предприятия составляется краткий промежуточный отчет, который обсуждается со специалистами и руководством предприятия. На третьем этапе проведения аудита составляются и анализируются фактические материальные балансы загрязняющих веществ, сырья и материалов.

По результатам расчета материальных балансов составляется проект отчета, после рассмотрения которого руководством подготавливается окончательный отчет.

Проведение экологического аудита отдельного водопользователя в рамках ТППК способствует экономии средств и позволяет получить данные для принятия эффективных решений по обеспечению экологичности производства и повышению результативности водоохраных мероприятий.

Если же говорить о проблемах всей системы управления водным хозяйством в рамках ТППК в целом, то это крайне обширный вопрос, включающий не только водохозяйственные и гидрологические показатели, но также различные юридические, экономические, политические и технические аспекты, который может быть решен только комплексом мер, разрабатываемый в рамках проектов СКИОВО и реализованный с помощью рассмотренных выше методов экологического управления [76].

Одной из основных проблем системы управления водопользованием в рамках территориального природно-производственного комплекса в настоящее время представляется несогласованность работы ее блоков, отсутствие адекватной координации и распределения ответственности между отдельными структурами, слабые информационные связи внутри комплекса. Решение последней части проблемы, касающейся информационно-аналитического обеспечения и создания единой системы обмена данными, может быть предложено на уровне СКИОВО. В то время как большое количество более сложных аспектов остаются открытыми и требуют решения на другом уровне.

Для улучшения системы оперативного управления водохозяйственным комплексом ТППК посредством внедрения инновационных технологий предложены целевые показатели развития системы управления водным хозяйственным участком в рамках ТППК.

В таблице 4.1.1. представлены основные показатели развития в области управления водным хозяйством бассейнового ТППК Финского залива [99]. В соответствии с Водной стратегией РФ и международными соглашениями по трансграничным бассейнам [54, 97] к 2030 году координация между различными структурами в области управления водными ресурсами водохозяйственного комплекса должна быть повышена на 45% относительно современного уровня. Необходимо постоянное обновление единой региональной (бассейновой) ГИС, проведение профессиональной стандартизации, регулярное повышение квалификации работников в области водного хозяйства и внедрение

образовательных программ. Покрытость территории крупномасштабными спутниковыми снимками (данных дистанционного зондирования земли – ДЗЗ) к 2030 г. должна достичь 45%. Обеспеченность единой бассейновой ГИС кадастровыми данными и данными оперативного мониторинга к 2030 году должна достичь 100%.

Таблица 4.1.1 – Целевые показатели развития системы интегрированного экологического управления ТППК

Целевые показатели	Ед. изм.	современное состояние	I этап	II этап
			2021-2025	2026-2030
Насыщенность ГИС кадастровыми данными и данными оперативного мониторинга	%	35	50	100
Покрытость территории крупномасштабными спутниковыми снимками (ДДЗЗ)	%	24	32	45
Повышение координации между различными структурами в области управления водным хозяйством	%	55	70	100

Для организации устойчивого экологического развития территориальных природно-производственных комплексов на региональном (бассейновом) уровне необходимо обеспечение устойчивого функционирования водных геоэкосистем ТППК, сохранение биоразнообразия водных объектов, минимизация негативных воздействий на водные ресурсы и их последствий, обусловленных неорганизованным забором воды и сбросом неочищенных сточных вод. Установление лимитов и квот на водопотребление и водоотведение для всех субъектов ТППК позволяет распределить техногенную нагрузку на водные объекты ТППК от всех водопользователей и обеспечить качество воды на уровне НДС и НДС.

4.1.2 Методология разработки лимитов и квот водопотребления и водоотведения

Ограничения (лимиты) на использование водных ресурсов поверхностных

объектов рассчитываются на основе разработанных водохозяйственных балансов и НДС по расчетным водохозяйственным участкам (РВХУ) гидрографической единицы с учетом современного уровня водопользования по данным отчетности 2ТП-водхоз предприятий-водопользователей на текущий момент времени, также рассчитываются прогнозы на перспективное водопользование [66].

Доля (квота) использования (изъятия) водных ресурсов устанавливаются по каждому субъекту Российской Федерации, которые находятся в пределах одной гидрографической единицы. При этом суммарная доля использования воды, которые даются отдельному субъекту РФ, не должна быть выше соответствующих ограничений (лимитов) в пределах рассматриваемой гидрографической единицы [65].

Водохозяйственные балансы рассчитываются для РВХУ гидрографической единицы по месяцам для современного уровня водопользования по данным отчетности 2ТП-водхоз предприятий-водопользователей и на перспективу 2020, 2025 и 2030 гг. (прогнозные значения водопользования) с учетом объемов формирующегося выше расчетного створа стока принятой обеспеченности, забора подземных вод, возвратных вод (приходная часть ВХБ) [76].

При расчете учитываются требования водопользователей по водопотреблению и водоотведению. Следует принимать во внимание сокращение речного стока в случае изъятия подземных вод и экологический сток (ЭС).

В результате расчета водохозяйственных балансов определяется дефицит речного стока, его транзит и значение безвозвратного забора стока.

Использование водных ресурсов является значимым экологическим аспектом, по которому устанавливаются нормативы по каждому водному объекту.

Норматив допустимого изъятия ($НДВ_{из}$) – максимальный объем воды, невозвратно забираемый с условием сохранения экобаланса водных экосистем.

Расчет нормативов изъятия водных ресурсов для рек с незарегулированным стоком включает оценку величины экологического стока ($W_{ЭС}$), размер и режим которого обусловлен необходимостью обеспечения динамического равновесия

геоэкосистем водных объектов территориальных природно-производственных комплексов, при этом величина допустимого изъятия водных ресурсов ($НДВ_{ИЗ}$) равна разнице между объемом естественного стока и экологического стока водного объекта:

$$НДВ_{ИЗ} = W_{\%} - W_{ЭС}, \quad (4.1.1)$$

где $W_{\%}$ – естественный сток в годы различной водности.

На первом этапе установления лимитов забора водных ресурсов для водопользователей ТППК из поверхностных водных объектов рассчитываются промежуточные значения лимитов, равные сумме избытков ВХБ на РВХУ для лет 95% обеспеченности ($W_{PROF\ РВХУ}$) и требований водопользователей на забор воды из поверхностных водных объектов на РВХУ ($W_{ПОВ\ РВХУ}$):

$$Л_{ЗАБ\ РВХУ} = W_{PROF\ РВХУ} + W_{ПОВ\ РВХУ}, \quad (4.1.2)$$

где $Л_{ЗАБ\ РВХУ}$ – промежуточные значения лимитов.

На втором этапе $Л_{ЗАБ\ РВХУ}$ сравниваются со значениями $НДВ_{ИЗ\ РВХУ}$ для стока 95%-ной обеспеченности. Итоговый лимит забора воды ($Л_{ЗАБ\ РВХУ}$) должен быть равен наименьшим из указанных величин:

$$Л_{ЗАБ\ РВХУ} = \min(Л_{ЗАБ\ РВХУ}; НДВ_{ИЗ\ РВХУ}).$$

Недостаток этого подхода является то, что установленные таким образом лимиты практически равны для всех расчетных лет и не отражают развитие водопользования в рамках исследуемого ТППК. Установленные таким образом лимиты забора водных ресурсов могут превосходить требования водопользователей более чем в 100 раз.

Результаты расчета лимитов водопотребления из пресных поверхностных водных объектов и лимиты сброса сточных вод по ВХУ и РВХУ одной гидрографической единицы бассейна северной части Финского залива для 5 расчетных водохозяйственных подучастков (РВП) представлены в таблицах 4.1.2.

и 4.1.4.

Таблица 4.1.2 – Лимиты водопользования (квоты на водопотребление) в границах
ТППК бассейна Финского залива

Код ВХУ	№ РВП	Наименование водных объектов	Лимиты забора (изъятия) водных ресурсов, млн.м ³ /год
01.04.03.005	-	Реки и озера бассейна Финского залива от границы РФ с Финляндией до северной границы дельты р. Нева	132
01.04.03.005	1	Реки и озера западного берега Выборгского залива	19,3
частный бассейн		р. Селезневка	11,0
01.04.03.005	2	Реки и озера бассейна Финского залива от г. Выборга до устья р. Черная (Гладышевка)	58,9
частный бассейн		р. Перовка	17,2
частный бассейн		оз. Краснохолмское	11,4
частный бассейн		р. Гороховка	19,2
01.04.03.005	3	р. Черная (Гладышевка)	21,2
частный бассейн		р. Черная (Гладышевка)	19,2
частный бассейн	4	р. Сестра	10,0
		оз. Сестрорецкий Разлив	0,225
частный бассейн	5	р. Черная	3,08

Расчеты показали, что для ТППК бассейна Финского залива суммарный допустимый объем водопотребления для всех субъектов составляет 132 млн. м³/год.

Лимиты антропогенной нагрузки (предельный объем сброса сточных вод, соответствующих НДС, от всех субъектов ТППК) устанавливаются на основании рассчитанных водохозяйственных балансов в пределах рассматриваемого бассейна (региона) с учетом условий водности и разработанных НДВ для водопользователей ТППК.

Лимит (норматив) антропогенной нагрузки ($L_{\text{СБР}}$) рассчитывается как соотношение потребностей водопользователей ТППК в водопотреблении и водоотведении:

$$L_{\text{СБР}} = \left(\frac{W_{\text{ВВ}}}{W_{\text{ВДПОВ}}} \right) \cdot L_{\text{ЗАБ}}, \quad (4.1.3)$$

где $W_{ВВ}$ - возвратная вода (поверхностный сток (сброс) и подземный сток (дренажная вода) в пределах ВХУ бассейнового ТППК;

$W_{ВДП_ПОВ}$ – потребность в водных ресурсах всех субъектов бассейнового ТППК;

$L_{ЗАБ}$ - установленные лимиты (нормативы) водопотребления для всех субъектов ТППК.

При расчете лимитов (норматив) антропогенной нагрузки ($L_{СБР}$) необходимо учитывать следующие ограничения:

1. Если объемы сбрасываемых сточных вод ($W_{ВВ}$) многократно превышают суммарное водопотребление всеми водопользователями ТППК ($W_{ВДП_ПОВ}$), то установленные в результате расчета лимиты сброса сточных вод могут быть безосновательно слишком высокими. В следствие чего, гидрологический и гидродинамические режимы водных объектов нарушаются и трансформируются.
2. Если суммарное водопотребление всеми водопользователями ТППК ($W_{ВДП_ПОВ}$) во много раз превышает объемы сбрасываемых сточных вод ($W_{ВВ}$), то установленные в результате расчета лимиты сброса сточных вод могут быть безосновательно слишком низкими.
3. Применение выражения (4.1.3) возможно лишь в случае предоставления водопользователями реальных данных об объемах водопотребления и водоотведения.

С целью определения возможности применения формулы (4.1.3) для расчета лимитов забора воды и лимитов антропогенной нагрузки водопользователей бассейнового ТППК Финского залива установлены соотношения между суммарными объемами водопотребления и водоотведения всех субъектов ТППК (Таблица 4.1.3) [99].

Таблица 4.1.3 – Соотношения между суммарными объемами водопотребления и водоотведения субъектов бассейнового ТППК Финского залива

Код ВХУ	№ РВП	Наименование водного объекта	$W_{ВВ} / W_{ВДП}$ ПОВ
01.04.03.005	1	Реки и озера западного берега Выборгского залива	2,13
01.04.03.005	2	Реки и озера бассейна Финского залива от г.Выборга до устья р Черная (р.Гладышевка)	0,17
01.04.03.005	3	р.Черная (р.Гладышевка)	-
01.04.03.005	4	р. Сестра	12,5
01.04.03.005	5	Реки и озера бассейна Финского залива от устья р. Сестра до северной границы дельты р. Нева	741

Результаты, представленные в Таблице 4.1.3 показывают, что на РВП-2 объемы водопользования превышают объемы водоотведения, в связи с тем, что большая часть сброса осуществляется водопользователями за пределами ВХУ – непосредственно в Финский залив. На РВП-4 и РВП-5 наблюдается превышение объемов сброса сточных вод над потребностью в водных ресурсах, при чем на РВП-5 – значительное. Следовательно, при расчете лимитов антропогенной нагрузки, применение формулы (4.1.3) возможно только для РВП-1. Для РВП-2, РВП-4 и РВП-5 лимиты сброса сточных вод принимаются равными лимитам (нормативам) водопотребления. Для отдельных водопользователей ТППК лимиты антропогенной нагрузки устанавливаются следующим образом:

$$L_{исбр} = \varepsilon_i \cdot L_{исбр} \quad (4.1.4)$$

$L_{исбр}$ – лимит нагрузки на водные объекты ТППК от i -го водопользователя, м³/год;

ε_i – доля нагрузки от i -го водопользователя от суммарной нагрузки всех субъектов ТППК.

В таблице 4.1.4 приведены результаты расчета лимитов суммарной нагрузки субъектов ТППК по расчетным водохозяйственным подучасткам с учетом НДС водозабора.

Таблица 4.1.4 – Лимиты суммарной нагрузки субъектов ТППК по РВП с учетом НДС водозабора

Код ВХУ	№ РВП	Наименование водных объектов	Лимиты суммарной нагрузки (сброса сточных вод), млн.м ³ /год
01.04.03.005		Реки и озера бассейна Финского залива от границы РФ с Финляндией до северной границы дельты р. Нева	142
01.04.03.005	1	Реки и озера западного берега Выборгского залива	42,1
частный бассейн		р. Селезневка	23,5
01.04.03.005	2	Реки и озера бассейна Финского залива от г. Выборга до устья р. Черная (Гладышевка)	58,9
частный бассейн		р. Перовка	17,2
частный бассейн		р. Гороховка	19,2
01.04.03.005	3	р. Черная (Гладышевка)	21,2
частный бассейн		р. Черная (Гладышевка)	19,2
01.04.03.005	4	р. Сестра	15,6
01.04.03.005	5	Реки и озера бассейна Финского залива от устья р. Сестра до северной границы дельты р. Нева	4,65
частный бассейн		р. Черная	3,08

Лимиты по водозабору из подземных источников рассчитываются только по запросу водопользователей. При установлении таких лимитов нужно учитывать тот факт, что полученные величины не будут отражать предельный объем изъятия водных ресурсов, так как по данным отчетности 2ТП-водхоз, подземные водозаборы на территории гидрографической единицы не имеют гидравлической связи с речной сетью и не влияют на объем поверхностного стока. В связи с этим, забор подземных вод может лимитироваться также доступными эксплуатационными ресурсами подземных водоносных горизонтов.

С целью устойчивого интегрированного управления водными ресурсами устанавливаются квоты распределения и использования водных ресурсов на региональном (бассейновом) уровне в пределах лимитов водозабора.

Квоты использования (забора) водных ресурсов определяются следующим

образом:

$$K_{\text{ЗАБ}} = \varepsilon_{\text{ЗАБ}} \cdot L_{\text{ЗАБ}}, \quad (4.1.5)$$

где $L_{\text{ЗАБ}}$ – лимит водозабора, м³/год;

$\varepsilon_{\text{ЗАБ}}$ – доля соответствующей квоты в суммарном водопотреблении, определяется в зависимости от распределения потребностей водопотребления субъектов ТППК.

Результаты расчета квот использования водных ресурсов в пределах ТППК бассейна Финского залива на основании данных статистической отчетности 2-ТП (водхоз) водопользователей ТППК представлены в Таблице 4.1.5. В границах РВП-3 водопотребители отсутствуют. По РВП-4 и РВП-5 в пределах Ленинградской области также отсутствуют водопотребители, весь забор осуществляется в пределах Санкт-Петербурга.

Квоты распределения нагрузки (сброса сточных вод) для субъектов бассейнового ТППК устанавливаются на основании лимитов антропогенной нагрузки и рассчитываются следующим образом:

$$K_{\text{СБР}} = \varepsilon_{\text{СБР}} \cdot L_{\text{СБР}} \quad (4.1.6)$$

где $L_{\text{ЗАБ}}$ – величина лимита сброса сточных вод, м³/год;

$\varepsilon_{\text{ЗАБ}}$ – доля соответствующей квоты в суммарной нагрузке на водный объект, рассчитывается в пропорциональном отношении от суммарной величины водоотведения субъектов ТППК.

Таблица 4.1.5 – Квоты использования и распределения водных ресурсов в границах ТППК бассейна Финского залива

Код ВХУ	№ РВП	Наименование водных объектов	Установленные квоты забора (изъятия) водных ресурсов, млн. м ³ /год
Ленинградская область			
01.04.03.005	3	р. Черная (Гладышевка)	0
01.04.03.005	4	р. Сестра	0
01.04.03.005	5	Реки и озера бассейна Финского залива от устья р. Сестра до северной границы дельты р. Нева	0
г. Санкт-Петербург			
01.04.03.005	3	р. Черная (Гладышевка)	0
01.04.03.005	4	р. Сестра	15,6
01.04.03.005	5	Реки и озера бассейна Финского залива от устья р. Сестра до северной границы дельты р. Нева	4,65

Результаты расчета квот распределения нагрузки на водные объекты ТППК бассейна Финского залива, соответствующие НДС и НДС представлены в Таблице 4.1.6, при этом суммарная нагрузка в пределах одного ВХУ ТППК не превышает лимит антропогенной нагрузки в границах данного ВХУ.

Анализ данных, представленных в Таблицах 4.1.2, 4.1.4, 4.1.5 и 4.1.6, показал, что в границах ТППК бассейна Финского залива (северная часть), реально используется всего 25% водных ресурсов от суммарного объема лимитов/квот водозабора.

По результатам установленных лимитов и квот с помощью ГИС проекта построена карта использования водных ресурсов и распределения нагрузки водопользователей ТППК бассейна Финского залива по расчетным водохозяйственным подучасткам (Рисунок 4.1.2).

Таблица 4.1.6 – Квоты распределения нагрузки на водные объекты ТППК бассейна Финского залива, соответствующие НДС и НДС

Код ВХУ	№ РВП	Наименование водных объектов	Квоты распределения нагрузки (сброса сточных вод), млн.м ³ /год
Ленинградская область			
01.04.03.005	3	р. Черная (Гладышевка)	20,0
01.04.03.005	4	р. Сестра	2,59
01.04.03.005	5	Реки и озера бассейна Финского залива от устья р. Сестра до северной границы дельты р. Нева	0
г. Санкт-Петербург			
01.04.03.005	3	р. Черная (Гладышевка)	1,15
01.04.03.005	4	р. Сестра	13,0
01.04.03.005	5	Реки и озера бассейна Финского залива от устья р. Сестра до северной границы дельты р. Нева	4,65

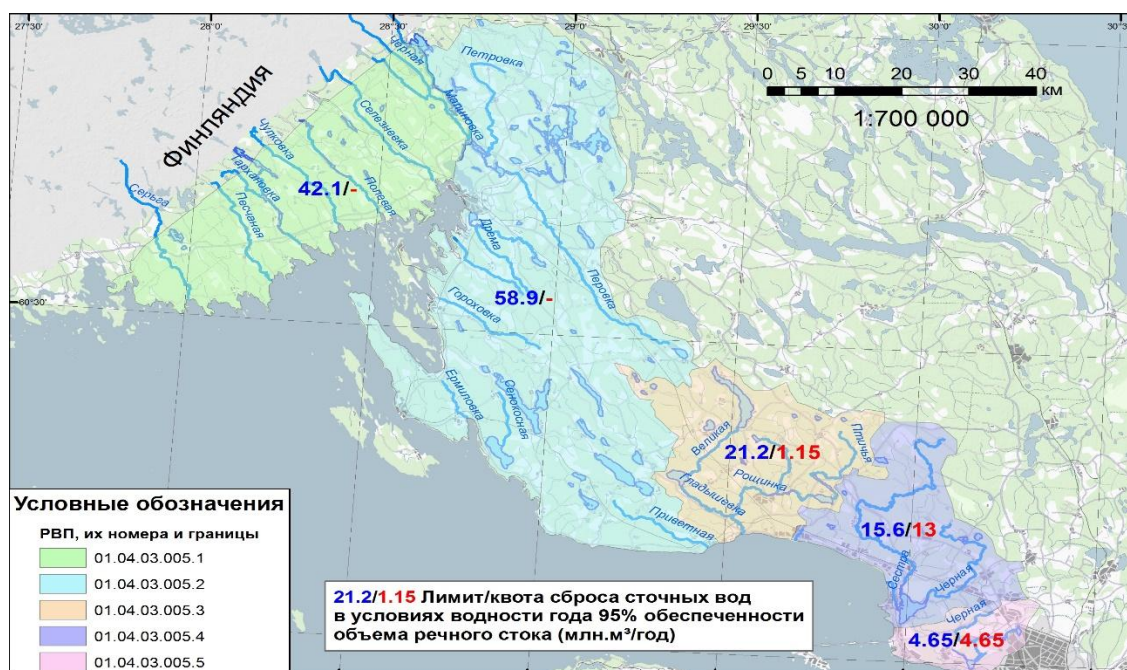


Рисунок 4.1.2 - Карта лимитов и квот сброса сточных вод бассейна Финского залива (северной части)

Расчет лимитов и квот использования водных ресурсов и распределения нагрузки на водные объекты ТППК бассейна северной части Финского залива по ВХУ и РВХУ в соответствии с рассмотренной методологией на примере одной гидрографической единицы для 5 расчетных водохозяйственных подучастков показал, что:

а) лимиты (нормативы) водопользования для субъектов ТППК бассейна северной части Финского залива, рассчитанные на основе $\text{НДВ}_{\text{из}}$, и лимиты антропогенной нагрузки, соответствующие НДС, во много раз больше лимитов водозабора и водоотведения, выделенных для ТППК, расположенных в Ленинградской области и Санкт-Петербурге в 2019-2020 гг.;

б) суммарное использование водных ресурсов бассейна северной части Финского залива составляет всего 1,2% от поверхностного стока, рассчитанного по многолетним данным. Следовательно, в период до 2030 года увеличения установленных лимитов водозабора и лимитов антропогенной нагрузки не предвидится.

4.1.3 Методы и средства нормирования и мониторинга нагрузки на окружающую среду для интегрированных ТППК

4.1.3.1 ГИС и ГИМС-технологии

Оценка воздействия на окружающую среду с применением ГИС является одной из проблемных ориентаций последней. Особо важное значение это приобретает для территориальных природно-производственных комплексов с необходимостью обработки больших массивов информации, что связано с комплексным системным подходом к реализации оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС).

Геоинформационные системы представляют собой комбинацию информационно-программного обеспечения, а также данных, которые обеспечивают сбор, управление, анализ и отображение геопространственной

(географически привязанной) информации. В ГИС слои пространственных данных связаны с табличными (атрибутивными) данными в реляционных базах данных, что позволяет анализировать и визуализировать закономерности [8].

Для эффективного управления водными ресурсами ТППК применение ГИС-технологий позволяет:

- обеспечить значимый вклад в развитие управления водными ресурсами в виде аналитической базы данных от экспертов, проектировщиков, управленцев, лиц, принимающих решения, вовлеченных в систему менеджмента и/или в процесс анализа географически привязанных данных;
- оказывать поддержку практикующим специалистам в области управления водосборными бассейнами, ливневых/сточных вод, управления поверхностными и подземными водами, а также комплексных подходов (например, улучшение качества воды, управление водными ресурсами) за счет предоставления полного набора инструментов и методов, а также большого разнообразия программных платформ ГИС, от проприетарных до программ с открытым исходным кодом, от веб-приложений до настольных приложений, имеющие свои преимущества и недостатки.

Специалисты по управлению водными ресурсами имеют выбор в использовании специальных инструментов и пакетов ГИС или настройке стандартных инструментов ГИС для достижения своих целей.

ГИС является важным инструментом для исследования и управления водными ресурсами. Возможности ГИС для интеграции, обработки, визуализации и анализа пространственных и временных моделей делают ГИС чрезвычайно полезными для поддержки повседневной работы специалистов по управлению водными ресурсами [3, 46, 90].

Основные области применения ГИС-технологий в водном менеджменте ТППК:

- управление данными и их визуализация;
- управление бассейновым водосбором;

- гидрологическое моделирование;
- качество воды: картирование, интерполяция, мониторинг, моделирование;
- моделирование ливневых и неточечных источников загрязнения;
- разработка систем поддержки принятия решений по водным ресурсам.

Классификацию ГИС-технологий в зависимости от реализации и области применения инструментов ГИС, используемых в управлении водными ресурсами, можно представить следующим образом:

- инструменты и пакеты ГИС, которые обеспечивают основные возможности геопространственного анализа/моделирования данных. Полноценная реализация ГИС содержит широкий спектр инструментов преобразования, анализа и визуализации данных, которые полезны для всех ученых и практиков, работающих с пространственными данными;
- специальные инструменты, которые были разработаны для конкретных применений в управлении водными ресурсами (например, гидрологическое моделирование, управление водосборными бассейнами, прокладка водоканалов).

Типовые ГИС-пакеты обычно предоставляют аналитическую платформу, в которую можно интегрировать дополнительные специализированные инструменты. Важной и растущей тенденцией в технологии ГИС является повышение совместимости между пакетами ГИС в данных и инструментах. На практике это позволяет пользователю конкретной ГИС-платформы получать доступ/обрабатывать не только данные, сгенерированные другой платформой, но также и инструменты, которые не являются частью ее основных функций. Как коммерческие, так и ГИС-пакеты с открытым исходным кодом, как правило, могут быть настроены с дополнительной функциональностью с помощью языков сценариев высокого уровня и веб-сервисов.

Специальные ГИС-инструменты либо разрабатываются для конкретной платформы (обычно в случае коммерческого и проприетарного программного обеспечения), либо могут использоваться кросс-платформенными (обычно в

случае приложений с открытым исходным кодом). К первой категории относятся специализированные аналитические ГИС-инструменты, выпущенные крупнейшими коммерческими поставщиками ГИС (например, инструменты *ArcHydro* и *Groundwater*, разработанные для платформы *ArcGIS*, или приложения для распределения воды, сточных вод и ливневых вод, разработанные для платформы на основе *CAD*). Растущее число бесплатных и/или в открытом доступе гидрологических инструментов доступно практикующим специалистам по управлению водными ресурсами.

В рамках постановки и решения задач ОВОС при выборе конкретной ГИС оценивается ее многофункциональность, удобство интерфейса, интегрируемость и др.

По территориальному охвату ГИС, используемые при проведении ОВОС, относятся к регионально-бассейновым или локальным с привязкой к определенным водохозяйственным участкам в зоне действия водопользователей и водопотребителей.

Исходя из структуры и функционирования исследуемого или проектируемого ТППК и общих физико-географических и социально-экономических характеристик территории (бассейна), выделяются основные определяющие факторы их взаимного влияния. На основе такого анализа проводится подбор необходимой информации для создания ГИС карт бассейна с учетом интересов всех водопользователей на межотраслевой основе и уровня экологической емкости, как ограничивающего фактора на все виды производственно-хозяйственной деятельности.

ГИС позволяет реализовать математическую модель ТППК с целью эколого-экономической оптимизации взаимодействия всех субъектов системы. Программный комплекс «Геоинформационная моделирующая система (ГИМС) – река» позволяет проводить имитационное моделирование для произвольного числа водопользователей при заданных критериях качества воды с

использованием различных технологий и объемов производства. Пример типовой технологической схемы производства приведен на Рисунке 4.1.3.

Одной из основных функций ГИМС-технологий является обработка двумерных изображений. Если в ГИС-технологии эта задача решается путем реконструкции координатной сетки и привязки к ней элементов изображения, то здесь к этой операции прибавляется процедура модельного воспроизведения этих элементов. Последнее позволяет восстанавливать топологию изображения не только с учетом пространственных соотношений, но и в динамике его развития [6, 12, 57, 58, 131].

При этом возможно применение следующих методов реконструкции фрагментов изображений:

1. Метод дифференциальной аппроксимации относится к универсальным подходам в теории приближения функций при анализе динамических систем.

Для условий экологического мониторинга с использованием радиофизических методов применение этого алгоритма оправдано тем, что спутниковые измерения разнесены во времени по отношению к объектам мониторинга, следовательно, при обработке показаний измерительных приборов необходимо учитывать возможные изменения объекта между моментами наблюдений. Другими словами, пусть объект окружающей среды изучается в интервале времени $[0, T]$ и пусть измерения проводятся на длинах волн $\lambda_1, \dots, \lambda_N$, так что в результате имеем N рядов данных $x_1(t_s), \dots, x_N(t_s)$, отражающих состояние радиояркого образа объекта в моменты времени t_s ($s = 1, \dots, M$). Восстановление значений $x_j(t)$ для $t \neq t_s$ реализуется путем поиска аппроксимации реального образа объекта $\{\xi_i(t)\}$ решением дифференциального уравнения:

$$\frac{d\xi_i}{dt} = \sum_{k,j=1}^N [a_{ijk} \xi_k(t) + b_{ij} \xi_j(t)], \quad (4.1.7)$$

где неизвестные коэффициенты a_{ijk} , b_{ij} и начальные данные $\xi_i(0)$ определяются из условия минимума невязки:

$$E = \sum_{s=1}^M \left\{ \sum_{i=1}^N [\xi_i(t_s) - x_i(t_s)]^2 \right\}, \quad 0 < t_1 < t_2 < \dots < t_M < T. \quad (4.1.8)$$

2. Метод гармонических функций.

Пусть СВЧ-радиофизические измерения осуществляются по трассам, образующим замкнутый контур с границей Γ . Применение метода дифференциальной аппроксимации позволяет эти измерения привести к единому моменту времени t^* . Делается предположение о том, что внутри контура $T_{\text{я}}(\varphi, \lambda)$ является гармонической функцией, удовлетворяющей уравнению Лапласа. Задача восстановления $T_{\text{я}}$ формально сводится к задаче Дирихле, решение которой записывается в виде интеграла Коши:

$$\varphi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\mu(\xi)}{\xi - z} d\xi, \quad (4.1.9)$$

где $z = \varphi + i\lambda$ есть произвольная точка внутри контура Γ . Функция $R_{e\varphi}(z)$ принимает на Γ измеренные (восстановленные) значения, а во внутренних точках области она аппроксимирует $T_{\text{я}}(\varphi, \lambda)$.

Статистическая коррекция фрагментов изображения

Оценка параметров окружающей среды осуществляется по некоторым процедурам, вмонтированным в структуру программного обеспечения ГИМС-технологии. Многообразие таких процедур охватывается различными модификациями классической схемы статистических решений Неймана Пирсона и последовательной процедуры Вальда. Наиболее распространена смешанная схема, в рамках которой в соответствии с квази-стационарным алгоритмом (выделение квази-стационарных участков в рядах измерений радиофизических параметров компонентов окружающей среды) внутри фации определяется характер вероятностного распределения радиоярких контрастов, а затем с

помощью кластерного анализа осуществляется классификация состояния изучаемого объекта окружающей среды.

Особое место в обработке двумерных изображений занимают алгоритмы коррекции спутниковых изображений. Это связано с пространственной вариабельностью электромагнитных свойств земной поверхности, которая может носить непрерывный градиентный характер, быть дискретной мозаичной и превращаться в точечный процесс. Статистические характеристики элементов окружающей среды зависят от пространственного разрешения измерений, и соотношение между точностью измерения вариабельности и восстановления изображения будет преобладать над всеми другими причинами возможных искажений в окончательном результате.

Спутниковый геоинформационный мониторинг, обеспечивая получение пространственной изменчивости отражательных свойств земной поверхности, сталкивается с проблемой исключения из полученных данных эффектов атмосферы на регистрируемые сигналы. Требуется некоторая процедура фильтрации этих сигналов. Поэтому согласование данных спутниковых измерений и других источников географической информации требует их взаимной регуляризации.

Отраженное излучение от поверхности записывается в точке с координатами (φ, λ) , где

φ и λ географические широта и долгота соответственно, в виде $F(\varphi, \lambda, \xi, t, p) = (\varphi, \lambda, \xi, t, p) I(\varphi, \lambda, \xi, t, p)$;

R - отражательная способность поверхности на длине волны с поляризацией p в момент времени t ;

I - падающее облучение. Одно из важных свойств изменчивости отражательной способности является ее пространственная автокорреляция, которая измеряет вариацию F с изменением расстояния и ориентации между измерениями. Если обозначить через h расстояние до точек оценки отражательной способности поверхности, то для автокорреляции можно составить изотропную

вариограмму: $V(h) = \text{cov}(0) - \text{cov}(h) = 1/2E(F(\varphi, \lambda, \xi, t, p))^2$. Шкала $V(h)$ позволяет расчленять изображение на фрагменты и принимать решение об их принадлежности определенным классам из базы данных.

Наблюдение за подвижными объектами с помощью описанных алгоритмов требует согласования пространственных и временных масштабов функционирования системы мониторинга. Реально в этом случае происходит наложение двух полей данных. Одно поле соответствует квазистационарному фону, а второе - перемещающемуся по этому фону объекта наблюдения. Схематически режим функционирования системы мониторинга можно представить следующей схемой. Система систематически регистрирует данные об элементах земной поверхности, фиксирует изменения, отслеживает их во времени и после накопления определенного объема информации принимает решение об идентификации образа. В качестве эффективного алгоритма здесь выступает широко применяющаяся технология синтеза двумерных изображений по параметру пятнистости. В случае регистрации в «фиксаторе» функции F для ряда порогов строится совокупность двумерных распределений превышений ее значений над порогом, а также рассчитываются распределения расстояний между образовавшимися зонами этих превышений - пятен (Рисунок 4.1.3). Статистическая структура пятнистости поверхности позволяет за счет применения кластерного или дискриминантного анализа достоверно классифицировать элементы изображения и тем самым решать задачу реконструкции полного двумерного образа изучаемой территории.

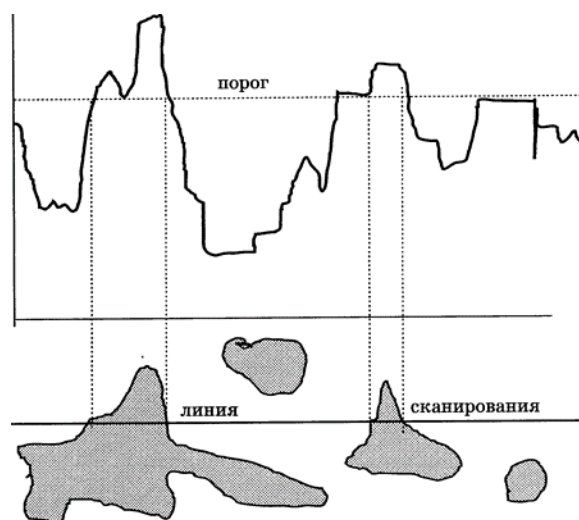


Рисунок 4.1.3 – Схема формирования поля пятнистой земной поверхности при дистанционных исследованиях

Системы геоинформационного мониторинга независимо от их физической и функциональной конфигурации обеспечивают прямое наблюдение только за фрагментами окружающей среды, допуская пробелы в информационном поле, на основе которого принимается решение о классификации и идентификации объектов наблюдения. ГИМС-технологии позволяют по отрывочным по пространству и фрагментарным во времени измерениям восстанавливать это информационное поле в полном объеме. В случае дистанционного мониторинга это поле является исходным для решения обратных задач восстановления изображений.

Применение ГИС и ГИМС-технологий применительно к различным пространственно-временным масштабам позволяет формировать базы данных для задач мониторинга водопользования в рамках интегрированного ТППК.

4.1.3.2 Модель организации производства по технологическим нормативам

Упрощенная модель организации производства по уровню экологичности включает описание условий по загрязнению, разделение производственных и

водоохранных технологий с выходом побочной продукции без запретительных ограничений по стандартам качества воды, хотя это возможно на уровне региональных нормативов.

В самом общем виде целевая функция (социально-экономический критерий) предлагаемой модели формально может быть записана следующим образом:

$$Z_1(X) + Z_2(Q) + y(V) \rightarrow \min, \quad (4.1.10)$$

где $Z_1(X)$ – производственные издержки, которые включают природоохранные затраты;

$Z_2(Q)$ – экологические издержки, связанные с водоочисткой стоков;

$y(V)$ – функция эколого-экономического ущерба в зависимости антропогенной нагрузки на водный объект.

Модель организации производства по уровню экологичности включает комплекс производственных систем, включая сельскохозяйственные и коммунальные, расположенных в пределах бассейнового территориального природно-производственного комплекса. Промышленные производства ТППК могут быть реконструированы, кроме того для строительства новых хозяйственных объектов предполагается возможность выбора местоположения в границах ТППК. С экономической точки зрения, предполагается, что спрос на производимую продукцию, установлен и подлежит удовлетворению. При этом уровень спроса определяется на уровне подсистемы ТППК.

Продукция промышленных производств может быть основной и вторичной. Вторичная продукция является продуктом возможной переработки отходов, а ее реализация рассматривается в модели организации производства по уровню экологичности и ее целевой функции как отрицательный показатель. План производства разрабатывается только на основную продукцию в целом для бассейнового ТППК.

Технологическая схема производства n - продукта отражена на Рисунке 4.1.4, на котором отражена структура суммарных природоохранных и производственных затрат.

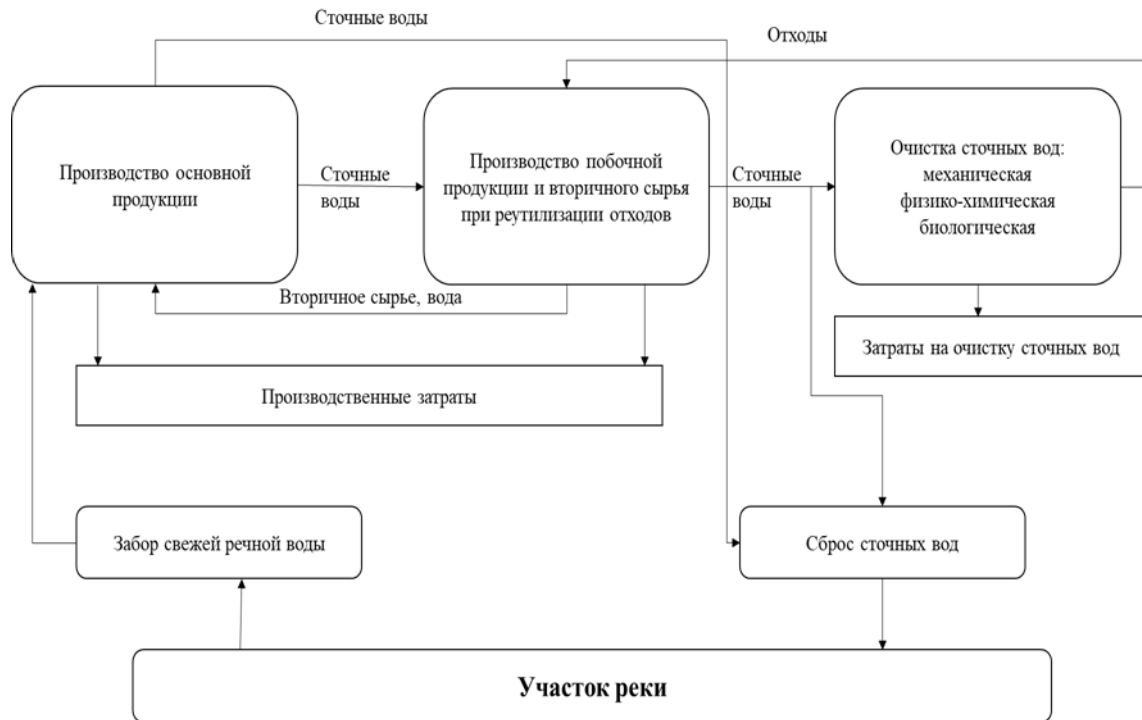


Рисунок 4.1.4 - Технологическая схема производства n -продукта

Из Рисунка 4.1.4 видно, что общие природоохранные издержки при производстве включают:

- а) затраты на водопотребление на производство основной и вторичной продукции;
- б) затраты на водоподготовку технической воды (если качество воды в водном объекте хуже, чем требуется для производства);
- в) затраты на очистку сточных вод.

В рассматриваемой модели водный объект (река) делится на R участков.

Ограничения на реализацию разработанного плана производства в рамках бассейнового ТППК принимаются следующие:

$$\begin{aligned}
 \sum_{r=1}^R \sum_{h=1}^H M_{jr}^h X_{jr}^h &\geq A_j, j = \overline{1, N}; \\
 \sum_{h=1}^H X_{jr}^h &\leq 1, j = \overline{1, N}; r = \overline{1, R}; \\
 X_{jr}^h &= 0(1), j = \overline{1, N}; h = \overline{1, H}; r = \overline{1, R},
 \end{aligned}
 \tag{4.1.11}$$

где A_j – план производства основной продукции j -го вида в целом для ТППК;

M_{jr}^h – производство основной продукции j -го вида по технологическому варианту h в пункте r ;

X_{jr}^h – целочисленная переменная, показывающая может ли быть использован технологический вариант h при производстве основной продукции j -го вида (мощностью M_{jr}^h) в пункте r .

В рамках действующего законодательства РФ для каждого водопользователя ТППК разрабатываются нормативы допустимых сбросов; для бассейна в целом или отдельного участка – НДВ и программы комплексного использования водных объектов, при разработке которых требуется большой массив данных и информации, сходных с показателями, используемыми при разработке технико-экономических обоснований, в том числе инвестиций. Это приводит к чрезмерно завышенным затратам при формировании СКИОВО. Особенно это касается составления карт (в первую очередь иллюстративных), при обработке которых требуется моделирование процессов на отдельных участках ТППК. Рекомендуемые методические указания по разработке схем использования водных ресурсов не учитывают всех процессов, протекающих в бассейне (регионе). Кроме того, для отдельных бассейнов на отраслевом уровне отсутствуют государственные водные реестры, кадастры и другие необходимые для составления СКИОВО базы данных.

Для формирования отраслевых программ экологического развития предприятий радиоэлектроники и приборостроения необходимо составление социально-экономических прогнозов на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Это позволит разрабатывать бассейновые НДВ и СКИОВО и, соответственно, индивидуальные НДС для водопользователей РПП ТППК на основе доступной первичной информации по гидрологическим и гидрохимическим постам.

Для водных бассейнов РПП ТППК необходима разработка критериев для обоснования НДВ. Важным критерием оценки эффективности водопользования ТППК является экономический ущерб от загрязнения водного объекта.

Графически зависимость между основными природоохранными затратами: издержками предотвращения P , издержками компенсации M , суммарными издержками загрязнения $U=P+M$ и уровнем загрязнения окружающей среды A представлена на Рисунке 4.1.5. Видно, что минимальное значение суммарных издержек загрязнения (или шире— издержек производства с учетом полной величины издержек загрязнения) достигается при уровне загрязнения A_0 , которому соответствует минимальное значение U . Будем называть уровень загрязнения A_0 экономическим оптимумом загрязнения. Очевидно, что необходимым условием достижения экономического оптимума загрязнения является выполнение равенства:

$$|f'(A_0)| = |\varphi'(A_0)| \quad (4.1.12)$$

Равенство (4.1.12) означает, что минимум суммарных издержек (экономический оптимум загрязнения) происходит в том случае, когда прирост издержек предотвращения загрязнения при достаточно малом уменьшении его уровня становится равным возникающему при этом снижению издержек компенсации загрязнения, т. е. при условии равенства по модулю предельных издержек предотвращения загрязнения предельным издержкам компенсации социально-экономических последствий загрязнения.

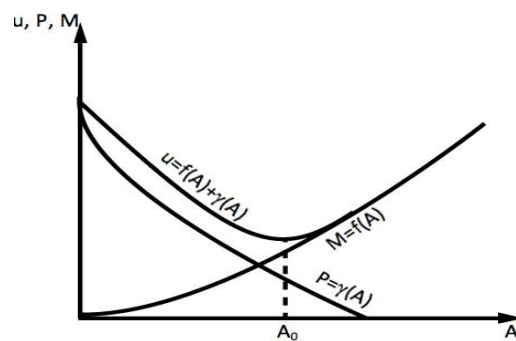


Рисунок 4.1.5 - Зависимость между издержками предотвращения P , издержками компенсации M , суммарными издержками загрязнения $U=P+M$ и уровнем загрязнения окружающей среды A

Экономический оптимум загрязнения водных объектов рассчитывается не только по всем возможным уровням загрязнения, но и с учетом социально-экономических критериев уровней загрязнения. Учет соответствующих ограничений в моделях планирования и управления чистотой окружающей среды является обязательным, хотя во многих случаях эти ограничения и могут оказаться избыточными, т. е. не влияющими на значение экономического оптимума загрязнения.

Переход к рассмотрению другого класса этих последствий — отдаленных во времени и трудно прогнозируемых — приводит к существенной трансформации понятия оптимума загрязнения и подходов к его определению.

К числу отдаленных во времени и трудно прогнозируемых последствий загрязнения среды относятся:

- во-первых, вероятные нарушения глобального экологического равновесия (прежде всего изменение климата в масштабах крупных регионов и планеты в целом);

- во-вторых, отдаленные медико-биологические последствия воздействия загрязнения на человека (генетическое, канцерогенное и некоторые другие).

В обоих случаях наблюдается большой (измеряемым десятилетиями) разрыв во времени между воздействием загрязнений и проявлением соответствующего негативного эффекта, а сам эффект при современном уровне наших знаний прогнозируется с большой долей неопределенности.

Дальнейший переход от экономического развития к эколого-экономическому предопределяет необходимость реализации программы ресурсосбережения и контроля за использованием природных ресурсов, т.е. управления природными ресурсами соответствующими структурами. Уже сегодня необходимо принять срочные меры для предотвращения невосполнимых потерь ресурсного потенциала арктического региона и перейти на новую парадигму развития национальной экономики, включив в число важнейших категорий природных ресурсов ассимиляционный и продукционный

(биоресурсный) потенциалы и оценку экологической емкости и экологической мощности территории. Требуется предусмотреть в разрабатываемых государственных программах реорганизации и технологической модернизации добывающих и ресурсно-сырьевых перерабатывающих отраслей экологическую регламентацию хозяйственной деятельности и оптимизацию отраслевой структуры промышленных узлов; сформировать эффективные органы управления эколого-экономическим развитием производств в пределах ТППК.

Задачи регионального экоразвития трансформируются в задачи управления экологизацией производства с учетом их экологичности, результативности и адаптивности к изменениям условий производства.

Необходимо развитие международной системы квот на загрязнение и изъятию ресурсов. В этой связи требуется развитие современной системы мониторинга с использованием ГИС технологий на основе новых программных и технических средств единой информационной базы.

Роль информационной сферы к настоящему времени становится одной из определяющих наравне с техносферой, экосферой и биосферой. Развитие системы «ТППК-окружающая среда» осуществляется через корректировку целей системы, которые влияют, а часто и предопределяют внесение изменений в экологическое законодательство на основе принципа управления – принципа соразвития (коэволюции) - системами. Этот принцип в полной мере относится и к РПП как элементу ТППК как системы, при которой развитие элемента не должно нарушать устойчивое развитие системы и обеспечение требуемых характеристик качества ее функционирования при воздействии антропогенных и природных факторов со стандартизованными значениями параметров информационной экологической безопасности. В основу нового метода формирования внутриотраслевых региональных взаимоотношений всех водопользователей положен принцип создания единой эколого-технологической политики с применением: региональных коммуникативных каналов; отраслевых, межотраслевых и региональных целевых баз данных; банков знаний; геоинформационных моделей

нового поколения. Разработка такой политики обусловлена необходимостью обеспечения полноценной совместимости водопользователей с окружающей средой и техносферой, а также информационная поддержка органов управления в виде баз и банков данных с целью их дальнейшего развития. Геоинформационная территориально-бассейновая система «ВО-ТППК» представлена на Рисунке 4.1.6.

Формировать ГИС проекты наиболее целесообразно и эффективно, используя базы данных с результатами производственного экологического контроля и мониторинга (ПЭКиМ), в режиме онлайн на базе программных средств *AirGis*, которые дают возможность анализировать имеющиеся данные с помощью картографических приложений, анализировать степень воздействия отдельных водопользователей на ВО, и по результатам нормировать техногенную нагрузку для каждого субъекта ТППК, тем самым повышая результативность системы управления качеством ВО ТППК.

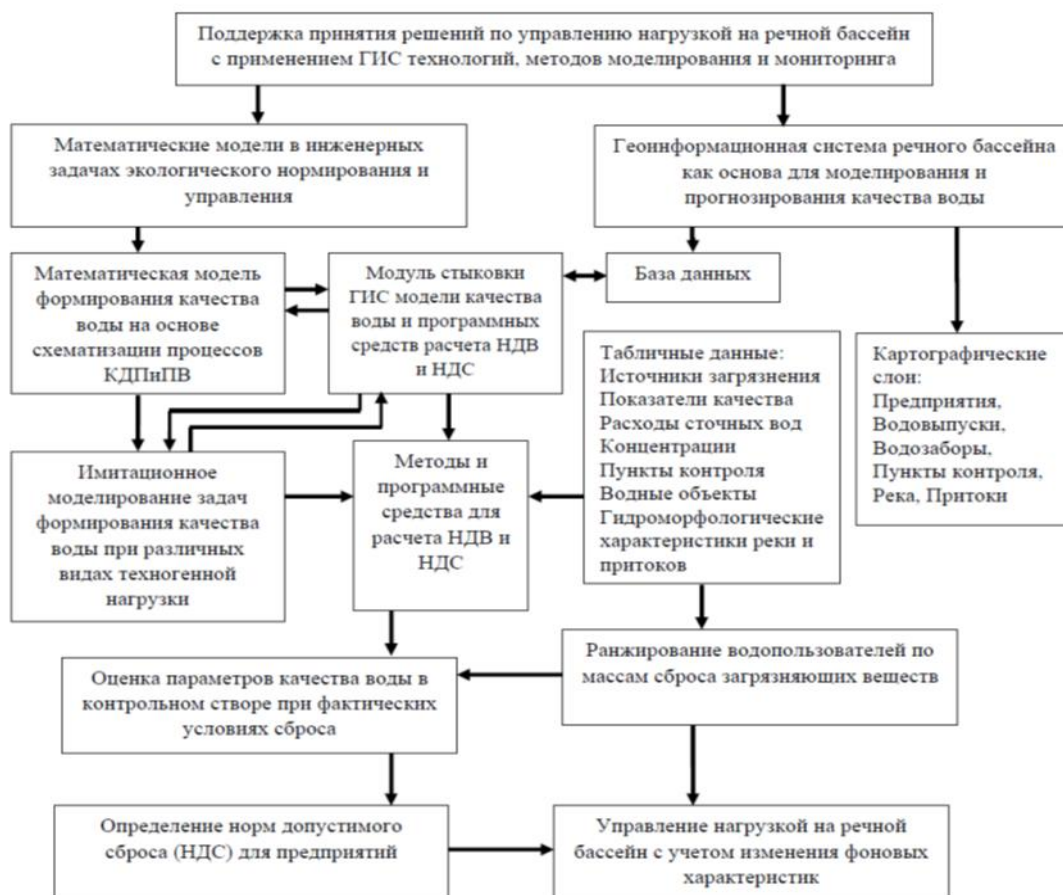


Рисунок 4.1.6 - Геоинформационная территориально-бассейновая система «ВО-ТППК» для нормирования допустимого уровня воздействия

Полученная с помощью ГИС-технологий информация по квотированию техногенной нагрузки и интегрированному управлению водными ресурсам в дальнейшем позволяет на цифровой картографической основе разрабатывать НДВ и программы комплексного использования водных ресурсов ТППК.

Информация для разработки программ ИУВР ТППК делится на следующие группы:

1. Базы геоинформационных данных, включающие разработанные для ТППК эколого-технологические нормативы по следующим объектам: реки, озера, водохранилища, водотоки; сельскохозяйственные и коммунальные хозяйства, промышленные предприятия; водовыпуски и др.
2. Базы данных НДВ, включающие нормативы по привносу ЗВ в зависимости от их типизации:
3. Информация для СКИОВО по лимитам, квотам, водохозяйственным балансам, о водоохраных мероприятиях.:

Итогом является сформированный геоинформационный комплекс моделирования имеет вид онлайн ГИС проекта ТППК, в котором реализованы модели КДПиПВ для разных типов ВО.

4.2 Разработка информационно-алгоритмического обеспечения комбинированного нормирования антропогенной нагрузки

Решение рассмотренных в третьей главе вопросов, связанных с комбинированным нормированием антропогенной нагрузки от РПП требует разработки нового современного информационно-алгоритмического обеспечения оценки состояния ТППК в рамках ГИС-проекта «Экологическое нормирование техногенной нагрузки РПП». На Рисунке 4.2.1 представлена структура ГИС-проекта, которая реализуется в графическом редакторе *Model Builder*. Информационно-алгоритмическое обеспечение ГИС проекта имеет структуру

ГИС слоев отдельных объектов, включает нормативно-правовую базу по контролируемым показателям с единицами их измерения, ПДК (ОБУВ), классом опасности, а также список алгоритмов создания перечня контролируемых показателей на топографической и картографической основе.

Разработанный на основе ГИМС-технологий ГИС-проект содержит:

- 1) Блок моделирования КДПиПВ для неограниченного числа и типа субъектов-водопользователей ТППК.
- 2) Базу данных об объекте-водопользователе ТППК.
- 3) Базу геоинформационных данных для расчета НДС.
- 4) Модель ВО бассейнового (регионального) ТППК.
- 5) Карты-схемы по данным ИМ.

Разработанный алгоритм управления на основе геоинформационных технологий и функциональной модели нормирования допустимого воздействия РПП учитывает специфику всего комплекса их производственно-технологических характеристик. В понятие последних вводится взаимосвязанная совокупность научно-методологических, технологических, инженерно-технических, организационно-технических, экономических и организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на реализацию программы экологического управления ТППК, включающие высокоэкологичные производства разнообразных изделий и продуктов РПП, а также сбережение и рациональное использование природных ресурсов на региональном и межотраслевом уровнях.

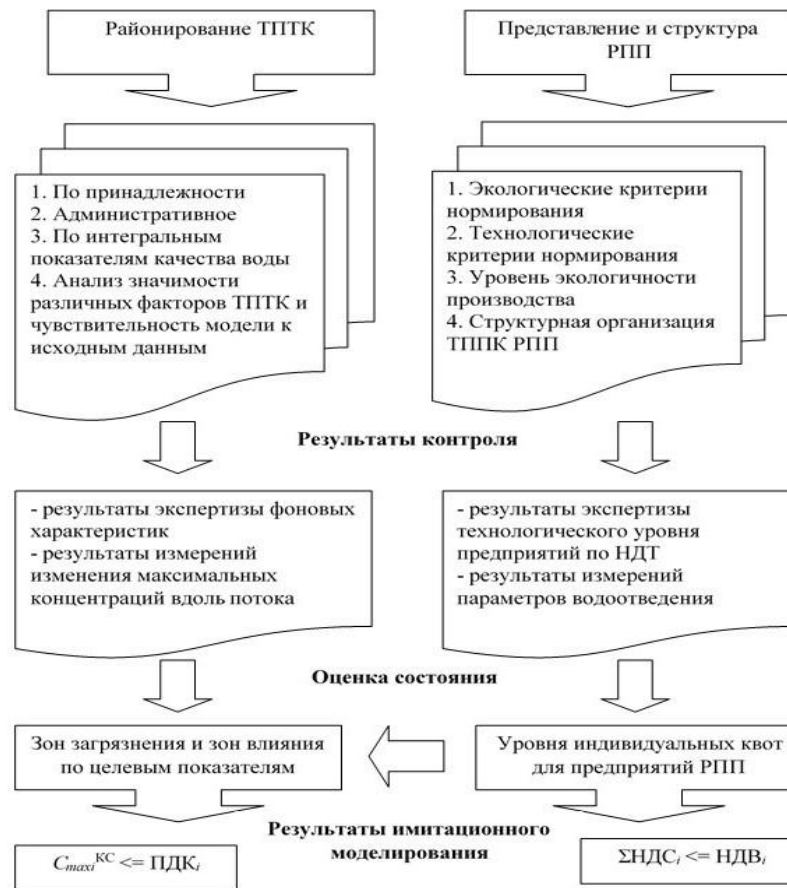


Рисунок 4.2.1 - ГИС-проект «Экологическое нормирование техногенной нагрузки РПП»

По мере усложнения структуры организации ТППК и отдельных РПП возрастает роль структурной и оперативной информации и информационного взаимодействия на межотраслевом и регионально-бассейновом уровнях.

Разработанное информационно-алгоритмическое обеспечение нормирования нагрузки с применением геоинформационного моделирования параметров эколого-технологического управления ТППК апробировано на примере ГИМС-ТППК «Нева», используемого в целях управления хозяйственно-бытового водоснабжения, нужд промышленности, рекреации, сброса сточных, ливневых и дренажных вод (Рисунок 4.2.2) и могут быть рекомендованы к использованию Федеральным агентством водных ресурсов Российской Федерации при решении как региональных, например, бассейна Финского залива, так и локальных задач обоснования нагрузки для индивидуальных водопользователей (НДС) в рамках

бассейновых НДС для неограниченного числа и тина водопользователей при наличии региональных баз данных на геоинформационной основе.

При реализации предложенного информационно-алгоритмического обеспечения для обоснования НДС для каждого субъекта-водопользователя ТППК на базе перераспределения установленных для бассейна НДС использованы критерии эколого-технологического нормирования, а также современные программные средства ГИС моделирования, с целью эффективного управления бассейновым (региональным) территориальным природно-производственным комплексом [41, 130].

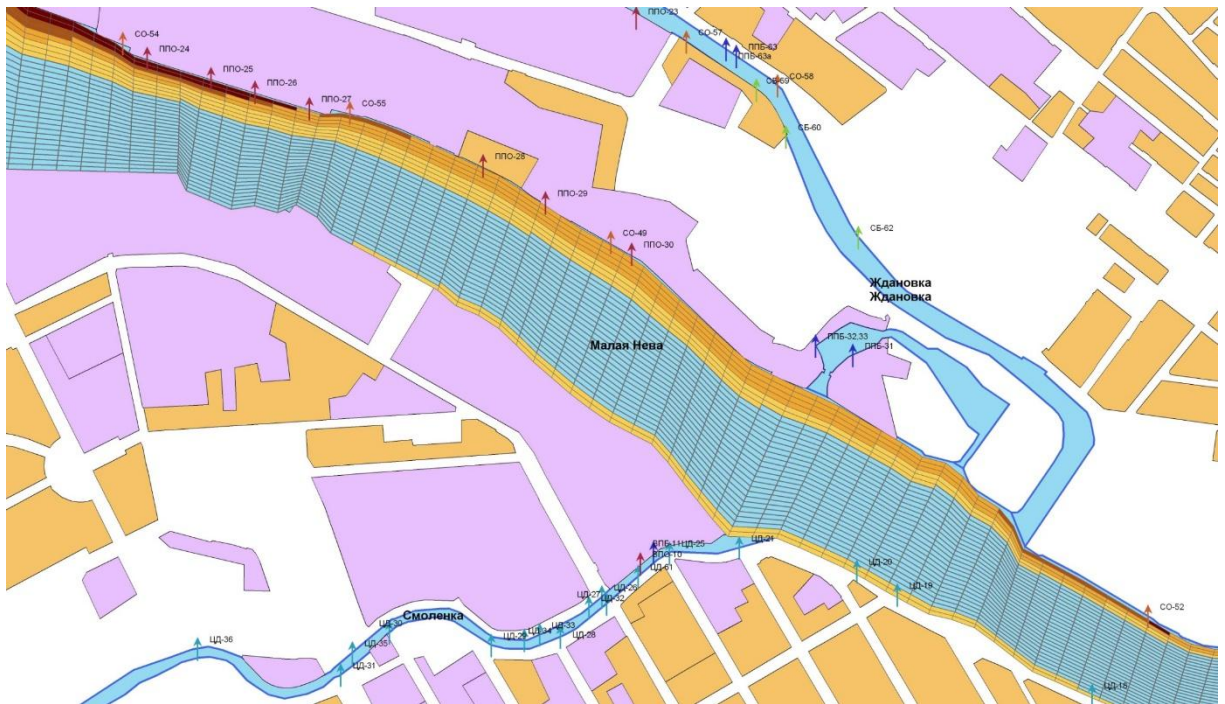


Рисунок 4.2.2 - ГИС-ТППК для моделирования распределения поля концентраций в р. Малая Нева

Программно-информационное и моделирующее обеспечение для формирования геоинформационных проектов по экологическому нормированию

техногенной нагрузки предприятий ТППК, позволяет обосновывать уменьшение массы загрязняющих веществ на 15-35% в зависимости от набора показателей и интегральной массы сброса сточных вод.

4.3 Обоснование новой системы экологического управления межотраслевыми взаимоотношениями субъектов ТППК на регионально- бассейновом уровне

Для повышения эффективности экологического управления территориальным природно-производственным комплексом необходимо решить ряд задач, во-первых, необходимо определить показатели ограничений (лимитирующие факторы) управления на бассейновом (региональном) межотраслевом уровне, на основании которых разрабатываются критерии по нормированию и квотированию техногенной нагрузки на ВО.

На втором этапе выбираются и обосновываются математические модели и программные средства для расчета трансфера ЗВ в бассейновом ТППК.

Далее используя разработанный и рассмотренный в главе 3 алгоритм перераспределить нагрузку на ВО между субъектами-водопользователями ТППК.

Применение методов и инструментов, разработанных в данном диссертационном исследовании и реализуемых с помощью ГИС-технологий, позволяет снизить затраты на разработку программ комплексного (интегрированного) использования водных ресурсов и обеспечения экологически сбалансированного состояния водных объектов ТППК.

Программы ИУВР и СКИОВО должны содержать систематизированную информацию об экологическом статусе ВО и их использовании, на основании которой разрабатываются и реализуются водохозяйственные мероприятия ТППК.

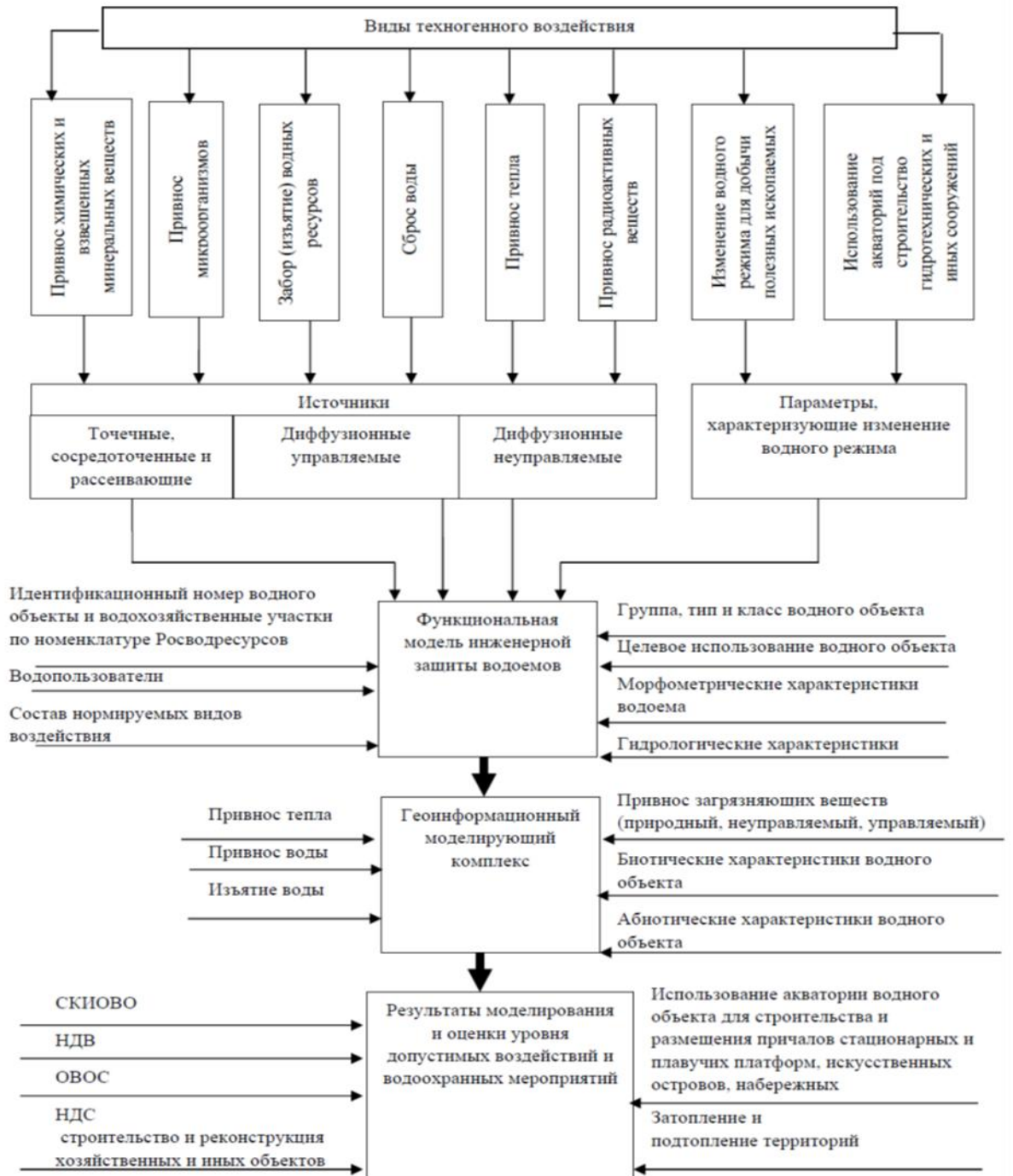


Рисунок 4.3.1 - Система экологического управления межотраслевыми взаимоотношениями субъектов ТПК

В соответствии с разработанными методами обоснована новая система экологического управления межотраслевыми взаимоотношениями субъектов

ТППК (Рисунок 4.3.1) с целью развития регионально-бассейновых, информационно-аналитических центров, которые:

а) обеспечат сопровождение дорогостоящих и трудозатратных проектов нормативов допустимого воздействия и программ ИУВР и СКИОВО;

б) позволят создавать отраслевых и межотраслевых проектов, связанном с процессами передачи, хранения и переработки структурной информации, количество и качество которой определяет переход управляющей системы на новый уровень организации (энтропии) в соответствии с разработанными методами и информационно-алгоритмическим обеспечением.

На основе разработанных баз данных и банков знаний для РПП в рамках ТППК разрабатывается система индикаторов и целевых показателей (ЦП) для имитационного моделирования при обосновании и распределении нормативов допустимой нагрузки для всех водопользователей, включая РПП [76]. На основе разработанного инструментария организационно-технологического обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств сформирована категорийно-понятийная матрица функционирования ТППК, рассмотренная во второй главе, которая позволила структурировать определение терминов экологического и технологического нормирования.

При постановке целей и целевых показателей следует учитывать текущий экологический статус бассейна, необходимо определить ключевые проблемы региона (бассейна) в области водопользования, для каждой из ключевых проблем устанавливается своя цель и измеримые целевые количественные показатели. При этом должна быть предусмотрен контроль на каждом этапе достижения цели.

Разрабатывается система показателей, которые позволяют контролировать степень достижения стратегических целей на промежуточных этапах реализации водоохранных мероприятий, а также оценивать эффективность реализации конкретных мероприятий [113]. В соответствии с результатами оценки существующего экологического состояния водных объектов на рассматриваемой территории разрабатываются укрупненных целевых показателей реализации

водоохранных мероприятий, включаемых в проекты СКИОВО бассейнов ТППК и программы повышения эффективности водопользования. В Приложении Д даны рекомендации по разработке проектов СКИОВО и программ повышения эффективности водопользования для субъектов ТППК.

Целевое состояние водных объектов и водохозяйственной инфраструктуры определяется по следующим параметрам:

- достижение величин параметров водных объектов, соответствующих их природному состоянию или максимальному экологическому потенциалу – поэтапное улучшение состояния водных объектов, восстановление водных объектов, поддержание высокого видового разнообразия гидробионтов;
- охрана водных объектов, находящихся в благополучном состоянии – поддержание их экологического состояния, мониторинг и контроль их состояния;
- обеспечение населения чистой питьевой водой – развитие систем водоснабжения, поддержание высокого качества воды в водоисточниках, рациональное использование водных ресурсов;
- удовлетворительное состояние гидротехнических сооружений на водных объектах.

Целевое состояние конкретизируется через определение следующих групп целевых показателей:

- качество воды в водных объектах;
- проведение научно-исследовательских работ;
- развитие системы контроля и мониторинга ВО;
- повышение экологического статуса ВО;
- развитие водохозяйственной инфраструктуры;
- минимизация негативного воздействия вод;
- развитие системы управления водным хозяйством.

Внутри каждой группы выделяется определенный набор конкретных показателей. Значения целевых показателей с нарастающим итогом определяются с учетом особенностей современной ситуации и перспектив развития реализации СКИОВО.

Целевые показатели проведения научно-исследовательских работ и развития системы мониторинга водных объектов.

Данная группа целевых показателей является основой для принятия рациональных решений в области управления использованием и охраной водных ресурсов. Она включает два блока:

1. Проведение научно-исследовательских работ (НИР).
2. Развитие системы контроля и экологического мониторинга ВО.

Проведение НИР позволяет проанализировать текущий экологический статус водных объектов ТППК, в первую очередь, это:

- разработка региональных критериев оценки современного состояния пресноводных экосистем с учетом специфики воздействия предприятий радиоэлектроники и приборостроения;
- оценка современной степени загрязнения водных объектов и расчет затрат на их восстановление;
- установление и обоснование регионального (бассейнового) природного фона водных объектов;
- разработка региональных (бассейновых) экологически допустимых уровней воздействия на состояние водных экосистем;
- оценка гидрохимических и гидробиологических характеристик природных вод, районирование территории по этим признакам;
- установление региональных (бассейновых) нормативов качества воды с учетом природного фона;
- уточненная оценка объемов водных ресурсов, анализ особенностей гидрологического режима водных объектов на основании данных государственной наблюдательной сети (ГНС).

Развитие системы контроля и экологического мониторинга ВО позволит:

- вовремя идентифицировать процессы, оказывающие воздействие на качество воды в ВО и их экологический статус, а также прогнозировать последствия негативных воздействий;
- сформировать программ мероприятий по предотвращению и минимизации негативных последствий выявленных процессов;
- оценить результативность водопользования;
- обеспечить эффективное экологическое управление ТППК за счет применения ГИС-технологий.

Развитие системы мониторинга водных объектов включает несколько самостоятельных частей: создание научно-аналитической и технической базы развития системы мониторинга, создание ГНС, организация и проведение государственного и ведомственного мониторинга водных объектов.

В рамках предложенной системы мониторинга предусматривается разработка следующих научно-аналитических проектов:

- разработка предложений к развитию комплексного регионального мониторинга водных экосистем бассейнов рек;
- разработка и утверждение методик и программ наблюдений новых постах, создание баз данных;
- разработка бассейновых программ мониторинга состояния водных объектов;
- систематизация и анализ данных мониторинга, публикация ежегодных печатных изданий.

Систематизация полученных в ходе проведения государственного и ведомственного мониторинга сведений должна производиться оперативно с использованием современных технических возможностей.

Одной из первоочередных задач развития системы мониторинга водных объектов на рассматриваемой территории является создание ГСН. Предложения по созданию ГСН разрабатываются с учетом основных положений Стратегии в

области гидрометеорологии на период до 2030 г. и рекомендации Всемирной метеорологической организации.

При открытии постов необходимым условием является предварительное проведение картографических работ для выбора конкретных участков расположения водомерных постов и гидрометрических створов.

Помимо организации государственного мониторинга водных объектов необходимо способствовать развитию ведомственного мониторинга, проводимого предприятиями-водопользователями.

Целевые показатели улучшения экологического состояния ВО.

Для достижения хорошего экологического состояния водных объектов должны выдерживаться экологические требования к качеству воды, т.е. правильно установлены показатели по концентрации и составу химических веществ в водных объектах.

Среди важнейших показателей качества воды можно выделить растворенный кислород, изменение концентрации которого влияет на состояние популяции рыбы; биогенные вещества, тяжелые металлы и многие органические соединения, которые способны к биоаккумуляции и могут вызвать различные канцерогенные, репродуктивные и иные последствия.

Целевые показатели данной группы делятся на две подгруппы:

1. Целевые показатели улучшения экологического состояния, достигаемые путем непосредственного благоустройства водосборной территории и защиты водных объектов с помощью инженерных методов.
2. Целевые показатели улучшения экологического состояния, достигаемые опосредованно, в рамках развития водохозяйственной инфраструктуры территории. Последние направлены на снижение загрязнения вод в результате воздействия точечных источников: промышленных и коммунальных стоков.

Реализация мероприятий по достижению показателей улучшения экологического состояния ВО позволит снизить антропогенную нагрузку на

водные экосистемы (в основном со стороны диффузных источников), будет способствовать улучшению качества воды водных объектов на территориях активной деятельности человека (объекты нефтегазового промысла), позволит сохранить биоразнообразие и улучшить условия жизни гидробионтов в водных объектах, наиболее подверженных антропогенной нагрузке (в основном за счет инженерных методов защиты).

Целевые показатели развития водохозяйственной инфраструктуры водообеспечения населения и объектов экономики.

Водохозяйственная инфраструктура является составной частью технической системы водохозяйственного комплекса. Техническая система предназначена для обеспечения водой сельскохозяйственный, промышленный и коммунальный сектора водопользования ТППК, а также для защиты водных объектов от загрязнения, истощения. Общая структура технической системы представлена на Рисунке 4.3.2.

В систему хозяйственно-питьевого водоснабжения и канализации входят водозаборные узлы и сооружения, водопроводные, канализационные и тепловые сети, магистральные трубопроводы, сооружения водоподготовки и очистки сточных вод.



Рисунок 4.3.2 – Структура технической системы водохозяйственного комплекса

Системы водопользования промышленных предприятий включают источники производственного и противопожарного водоснабжения, сети и сооружения для забора, транспортировки, подготовки и обработки воды, очистки сточных вод и образующего на территории предприятий поверхностного стока.

Для обеспечения устойчивого развития ТППК в отношении водоснабжения и водоотведения необходимо планомерное развитие технической системы ВКХ в пределах как основных, так и вспомогательных промышленных производств.

Финансово-экономические и социально-экономические целевые показатели.

Социально-экономические показатели

Определены два блока социально-экономических целевых показателей:

- целевые показатели социально-экономического развития региона на период до 2030 года;
- целевые показатели развития водохозяйственного комплекса, и направленные на улучшение условий жизни населения.

Первый блок показателей формируется на основе стратегий социально-экономического развития РФ и субъектов РФ.

Во второй блок входят целевые показатели качества вод водных объектов, а также целевые показатели по сокращению отрицательного влияния вод и развитию водохозяйственной инфраструктуры, и направленные на обеспечение экологически благоприятных условий жизни населения.

Финансово-экономические показатели

Основные финансово-экономические и социально-экономические ЦП определяются следующими характеристиками: удельная водоемкость валового регионального продукта; потери воды при транспортировке; доля загрязненных сточных вод, подлежащих очистке; обеспечение защищенности населения и объектов народного хозяйства от наводнений; доля расходов на финансирования

развития водохозяйственного комплекса за счет всех источников; доля покрытия государственных затрат на содержание и развитие водохозяйственного комплекса платежами водопользователей; доля внебюджетных инвестиций в общем объеме финансирования.

Для достижения установленных целевых показателей обосновываются и разрабатываются мероприятия по водным объектам, подвергающимся сильному локальному негативному воздействию, предусмотрено восстановление уже нарушенных водных экосистем. Рассмотренные мероприятия включают полное исключение сброса не нормативно очищенных загрязненных сточных вод, а также повышение степени использования оборотной воды в технологическом производственном процессе.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что метод формирования внутриотраслевых региональных (бассейновых) взаимоотношений водопользователей ТППК, разработанный на основе новой системы экологического управления ТППК с учетом бассейновых целевых показателей обеспечивает применение: а) новых методов управления природопользованием РПП, учитывая как предпосылки предоставляемые окружающей средой, так и ограничения по экологическим стандартам; б) методов гармонизации взаимоотношений экологии и технологии на межотраслевом уровне в направлении внедрения наилучших доступных технологий и концепции «чистого производства»; в) методов формирования нового стиля межотраслевых взаимоотношений всех водопользователей при единой биополитике на регионально-бассейновом уровне с едиными экологическими критериями и применением региональных каналов коммуникации, баз данных, банков знаний и геоинформационных моделей нового поколения.

Новые форматы применения ГИС в природоохранной деятельности по управлению территориальными природно-производственными комплексами, позволяют создавать системы мониторинга состояния ТППК и прогнозировать развитие ситуаций при различных сценариях возникновения каких-либо

негативных воздействий.

4.4. Выводы по четвертой главе

1. Одной из основных проблем системы управления водопользованием в рамках территориального природно-производственного комплекса в настоящее время представляется несогласованность работы ее блоков, отсутствие адекватной координации и распределения ответственности между отдельными структурами, слабые информационные связи внутри комплекса. Решение последней части проблемы, касающейся информационно-аналитического обеспечения и создания единой системы обмена данными, может быть предложено на уровне СКИОВО.
2. Для радиоэлектронных и приборостроительных производств необходимо составление прогнозов социально-экономического развития отраслей на среднесрочный и долгосрочный периоды. Это позволит разрабатывать бассейновые НДС и СКИОВО и, соответственно, индивидуальные НДС для водопользователей ТППК на основе доступной первичной информации по гидрологическим и гидрохимическим постам.
3. Разработан алгоритм управления на основе геоинформационных технологий и функциональной модели нормирования допустимого воздействия РПП с учетом специфики всего комплекса их производственно-технологических характеристик. В понятие последних вводится взаимосвязанная совокупность научно-методологических, технологических, инженерно-технических, организационно-технических, экономических и организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на реализацию программы экологического управления ТППК, включающие высокоэкологичные производства разнообразных изделий и продуктов РПП, а также сбережение и рациональное использование природных ресурсов на региональном и межотраслевом уровнях.

4. Разработаны методы и средства нормирования нагрузки для интегрированных ТППК, включающих РПП, с учетом атрибутивной информации по комплексу региональных показателей и характеристик. Предложенный инструментарий позволяет перераспределять нагрузку в соответствии с накопленной и структурированной информацией по критерию уровня экологичности и обосновывать экономически рациональные схемы водопользования в соответствии с новым уровнем организации межотраслевого взаимодействия производств в рамках ТППК согласно действующему природоохранному законодательству.
5. Программно-информационное и моделирующее обеспечение для формирования геоинформационных проектов по экологическому нормированию техногенной нагрузки предприятий ТППК, позволяет обосновывать уменьшение массы загрязняющих веществ на 15-35% в зависимости от набора показателей и интегральной массы сброса сточных вод.
6. Разработанный метод формирования внутриотраслевых региональных (бассейновых) взаимоотношений водопользователей ТППК обеспечивает применение: а) новых методов управления природопользованием РПП, учитывая как предпосылки предоставляемые окружающей средой, так и ограничения по экологическим стандартам; б) методов гармонизации взаимоотношений экологии и технологии на межотраслевом уровне в направлении внедрения наилучших доступных технологий и концепции «чистого производства»; в) методов формирования нового стиля межотраслевых взаимоотношений всех водопользователей при единой биополитике на регионально-бассейновом уровне с едиными экологическими критериями и применением региональных каналов коммуникации, баз данных, банков знаний и геоинформационных моделей нового поколения.

7. Новые форматы применения ГИС в природоохранной деятельности по управлению территориальными природно-производственными комплексами, позволяют создавать системы мониторинга состояния ТПК и прогнозировать развитие ситуаций при различных сценариях, а также принимать решения при возникновении негативных воздействий.

Глава 5. Обеспечение экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств. Реализация результатов исследования

5.1 Повышение эффективности водопользования субъектов ТППК

5.1.1 Мониторинг изменения эффективности водопользования субъектов ТППК

Показатель, связанный с эффективностью водопользования субъектов ТППК, позволяет оценить воздействие развития промышленных производств и других и других секторов экономики на водопользование на регионально-бассейновом уровне. При расчете показателя учитывается техногенная нагрузка (сброс сточных вод) на водные ресурсы от всех водопользователей ТППК, включая промышленные производства, сельское хозяйство и муниципальный сектор [18]. Таким образом, эффективность водопользования определяется как добавленная стоимость в расчете на объем водопотребления за период времени для каждого отдельного субъекта ТППК и показывает тенденцию эффективности водопользования, наметившуюся с течением времени:

$$E_W = E_{W_{сх}} \cdot P_{W_{сх}} + E_{W_{пр}} \cdot P_{W_{пр}} + E_{W_s} \cdot P_{W_s}, \quad (5.1.1)$$

где E_W – эффективность водопользования;

$E_{W_{сх}}$ – эффективность водопользования в сельскохозяйственном секторе (системе орошаемого земледелия), руб./м³;

$E_{W_{пр}}$ – эффективность водопользования в промышленном секторе, руб./м³;

E_{W_s} – эффективность водопользования в муниципальном секторе, руб./м³;

$P_{W_{сх}}$ – доля воды, забираемой сельскохозяйственным сектором, относительно общего водозабора;

$P_{W_{пр}}$ – доля воды, забираемой промышленным сектором, относительно общего водозабора;

P_{W_s} – доля воды, забираемой муниципальным сектором, относительно общего водозабора.

Эффективность водопользования в сельскохозяйственном секторе определяется по формуле:

$$E_{W_{сх}} = ВДС_{сх} \cdot (1 - C_{ВДС_{сх}}) \cdot V_{сх}, \quad (5.1.2)$$

где:

$E_{W_{сх}}$ - эффективность водопользования в сельскохозяйственном секторе, руб./м³;

$ВДС_{сх}$ - валовая добавленная стоимость, произведенная в сельском хозяйстве, руб.;

$C_{ВДС_{сх}}$ - доля $ВДС_{сх}$ для орошаемого земледелия;

$V_{сх}$ - объем водопотребления на сельскохозяйственные нужды, м³/год.

Показатель $C_{ВДС_{сх}}$ рассчитывается следующим образом:

$$C_{ВДС_{сх}} = \frac{1}{1 + A_i / (1 - A_i) \cdot 0,375} \quad (5.1.3)$$

где:

A_i - доля орошаемых земель по отношению к общей площади пахотных земель;

0,375 - общее соотношение по умолчанию между урожайностью неорошаемых и орошаемых земель.

Эффективность водопользования в промышленном секторе (включая производство энергии): добавленная стоимость в промышленности в расчете на объем воды, забираемой на промышленные нужды, выраженная в руб./м³:

$$E_{W_{пр}} = \frac{ВДС_{пр}}{V_{пр}}, \quad (5.1.4)$$

где:

$E_{W_{пр}}$ - эффективность водопользования в промышленном секторе, руб./м³;

$ВДС_{пр}$ - валовая добавленная стоимость, произведенная в промышленности (включая энергетику), руб.;

$V_{пр}$ - объем воды, забираемой промышленным сектором (включая энергетику), м³/год.

Эффективность водопользования в секторе услуг рассчитывается как добавленная стоимость муниципального сектора, поделенная на объем воды, забираемой в целях водоснабжения сектором, отвечающим за сбор, очистку и распределение воды, и выражается в руб./м³:

$$E_{ws} = \frac{ВДС_s}{V_s}, \quad (5.1.5)$$

где:

E_{ws} - эффективность водопользования в муниципальном секторе, руб./м³;

$ВДС_s$ - валовая добавленная стоимость, произведенная в муниципальном секторе;

V_s - объем воды, забираемой муниципальным сектором, м³/год.

Расчет данного показателя требует наличия двух баз данных по двум группам данных.

1. Данные о водопользовании ТППК:

- для сельскохозяйственного сектора

а) годовой объем воды из системы самостоятельного водоснабжения, забираемый для орошения и на нужды животноводства и аквакультуры включает водные ресурсы, поступающие из первичных возобновляемых источников пресной воды и вторичных водных источников бассейнового (регионального) ТППК, а также избыточный забор возобновляемых подземных вод;

б) годовой объем воды, забираемый для целей орошения включает водные ресурсы, поступающие из первичных возобновляемых источников пресной воды и вторичных водных источников ТППК, а также избыточный забор возобновляемых подземных вод или забор ископаемых подземных вод, прямое использование сельскохозяйственных коллекторно-дренажных вод, (очищенных) сточных вод и опресненной воды;

в) годовой объем воды, забираемый для целей животноводства включает водные ресурсы, поступающие из первичных возобновляемых источников пресной воды и вторичных водных источников ТППК, а также избыточный забор возобновляемых подземных вод или забор ископаемых подземных вод, прямое

использование сельскохозяйственных коллекторно-дренажных вод, (очищенных) сточных вод и опресненной воды. Включает поение домашнего скота, санитарии, очистку помещений для содержания скота и т. д. В случае подключения к системе общественного водоснабжения вода, забираемая на цели животноводства, включается в водозабор на муниципальные нужды;

г) годовой объем воды, забираемый для целей аквакультуры включает водные ресурсы, поступающие из первичных возобновляемых источников пресной воды и вторичных водных источников ТППК, а также избыточный забор возобновляемых подземных вод. Аквакультура — это разведение водных организмов (водных биоресурсов) во внутренних водоемах и прибрежных зонах, предполагающее вмешательство в процесс выращивания с целью повышения производства, а также индивидуальную или корпоративную собственность на разводимые запасы.

- для промышленного сектора

Годовой объем воды, забираемый в промышленными производствами включает водные ресурсы, поступающие из первичных возобновляемых источников пресной воды и вторичных водных источников ТППК, а также избыточный забор возобновляемых подземных вод или забор ископаемых подземных вод, потенциальное использование опресненной воды или прямое использование (очищенных) сточных вод. Под этим сектором понимаются самостоятельно снабжающие себя водой промышленные отрасли, которые не подключены к системе общественного водоснабжения.

- для муниципального сектора

Годовой объем воды, забираемый в первую очередь для прямого использования населением. К нему относятся водные ресурсы, поступающие из первичных возобновляемых источников пресной воды и вторичных водных источников, а также потенциальный избыточный забор возобновляемых подземных вод или забор ископаемых подземных вод, потенциальное использование опресненной воды или прямое использование (очищенных)

сточных вод. Как правило, он рассчитывается как общий объем воды, забираемой системой общественного водоснабжения. Он может включать ту часть отраслей, которая подключена к муниципальной сети.

2. Экономические данные для расчета эффективности водопользования ТПК:

- эффективность водопользования в системе орошаемого земледелия (E_{Wcx}) используется как косвенный показатель для эффективности водопользования в сельскохозяйственном секторе. Этот параметр определяется как «валовая добавленная стоимость, произведенная в сельском хозяйстве ($ВДС_{cx}$)» на «объем воды, забираемой сельскохозяйственным сектором (V_{cx})» (руб./м³). В интересах расчета эффективности водопользования в сельском хозяйстве пресноводное и морское рыболовство, а также лесоводство исключаются.

Валовая добавленная стоимость, произведенная в сельском хозяйстве, представляет собой годовой объем сельскохозяйственного производства, рассчитанный как сумма всей выпускаемой сельскохозяйственной продукции за вычетом промежуточных ресурсов, но без учета отчислений на амортизацию произведенных активов или на истощение и деградацию природных ресурсов.

- экономические данные для расчета эффективности водопользования в промышленном секторе ($E_{Wпр}$)

В целях расчета показателя эффективности водопользования в промышленном секторе определяется как «валовая добавленная стоимость, произведенная в промышленности ($ВДС_{пр}$)» на «объем воды, забираемой промышленным сектором (V_i)», т.е. $E_{Wпр} = ВДС_{пр} / V_i$ (руб./м³). В этом определении нижний индекс i обозначает совокупность отраслевых подразделов, включая, радиоэлектронную промышленность и приборостроение (подразделы 31 и 32 согласно Международной стандартной отраслевой квалификации всех видов экономической деятельности (МСОК) [62].

Данные о добавленной стоимости в промышленности можно рассчитать путем сложения добавленной стоимости по каждому отраслевому подразделу в соответствии с системой кодирования МСОК.

- экономические данные для расчета эффективности водопользования в муниципальном секторе (E_{ws})

Эффективность водопользования в муниципальном секторе определяется как добавленная стоимость муниципального сектора ($ВДС_s$) поделенная на объем воды (V_s), забираемой в целях водоснабжения сектором, отвечающим за сбор, очистку и распределение воды, и выражается в руб./м³.

Эффективность распределения лимитов и квот водопотребления подразумевается в расчетах и применительно к другим секторам, в случае необходимости и при наличии данных этот параметр может быть конкретизирован.

Данный показатель непосредственно связан с эколого-технологическим нормированием, направленным на то, чтобы существенно повысить эффективность водопользования всех народнохозяйственных секторов по технологическому показателю: количеству выпускаемой продукции на единицу объема воды, потребляемой для нужд промышленности, а также потерь в системе коммунального водоснабжения. Показатель эффективности водопользования следует сочетать с показателем антропогенной нагрузки на водные ресурсы для принятия решений и обеспечения адекватных последующих мер в рамках сформулированных задач.

Анализ межотраслевой эффективности ТППК на региональном (бассейновом) уровне позволяет оценить суммарную эффективность водопользования всех субъектов ТППК с целью повышения результативности использования водных ресурсов на отраслевом уровне.

Интерпретации показателя способствует использование дополнительных индикаторов на регионально-бассейновом, отраслевом, межотраслевом и межрегиональном уровнях.

Данные о водных ресурсах моделируются с использованием гидрологических моделей на основе ГИС. Оценка данных о водозаборе проводится в рамках сектора экономики исходя из стандартной удельной стоимости забора воды.

Целевые показатели качества воды (ЦПКВ) в водных объектах бассейна

Для обеспечения заданных стандартов качества воды в водных объектах бассейна Финского залива при разработке ГИС проекта «Экологическое нормирование ТППК» разработаны следующие целевые показатели:

- физические химические микробиологические показатели воды в ВО;
- индикаторы состояния водной экосистемы;
- долгосрочные целевые показатели (ДЦП) качества воды в ВО;
- ЦПКВ в водных объектах, для которых срок реализации составляет 10-15 лет;
- краткосрочные целевые показатели (КЦП) качества воды в водных объектах учитывают ДЦП, которые должны быть реализованы разработанного в СКИОВО программы водохозяйственных мероприятий.

Разработка КЦП основывалась на принципе устойчивости текущего экологического состояния водных объектов при сохранении существующей экономической ситуации, хозяйственной активности и реализации водоохранных мероприятий с учетом условия не превышения техногенной нагрузки от водопользователей ТППК установленных НДВ для бассейна.

Разработанные КЦП включают основные индикаторные показатели негативного воздействия на водные объекты, суммарный вклад которых составляет 85%, такие как БПК₅, ХПК, нитриты, общее железо, медь и марганец.

Кроме того, при разработке КЦП учитывались нормативные значения концентрации начального разбавления ($C_{нр}$), которые устанавливаются при расчетах НДВ на базе региональной фоновой концентрации, текущего состояния нагрузки и степени загрязненности водного объекта. В этом случае, достижение

КЦП позволит обеспечить устойчивое состояние экологического состояния объекта на 5-10 лет.

ДЦП устанавливаются для планируемого улучшения экологического статуса водных объектов и возвращение их в естественное состояние. В связи с тем, что данные мониторинга на незагрязненных водных объектах отсутствуют, условно природной концентрацией индикаторов принимается концентрация 25%-ной обеспеченности от числа имеющихся наблюдений.

При условии соблюдения КЦП и ДЦП можно ожидать, что значение нормативов допустимой нагрузки на водные объекты в арктическом бассейне будет обеспечено. Уменьшение величины НДС может быть неравномерным по годам, поскольку зависит от характера нагрузки и регионального гидрохимического фона.

Основные целевые показатели сокращения количества негативных инцидентов от отрицательного воздействия вод.

Основная цель - обеспечение защищенности населения и домашних хозяйств, подверженных затоплениям.

На основании результатов оценки экологического состояния водных объектов бассейна Финского залива предложены следующие целевые показатели:

- обеспечение удовлетворительного уровня безопасности ГТС;
- разработка современных бассейновых систем прогнозирования, нормирования и геоэкологической ОВОС;
- модернизация существующих сетей метеорологического и гидрологического мониторинга;
- создание современных систем страхования от техногенных аварийных, и нештатных, а также природных чрезвычайных ситуаций;
- организация информирования и оповещения населения при угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций.

Целевые показатели экологического состояния водных объектов.

В связи с краткосрочной целью экологического состояния (химическое загрязнение воды) должны быть предусмотрены мероприятия по ликвидации чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий, при этом долгосрочным целевым показателем становится приведение водных объектов в относительно удовлетворительное экологическое состояние.

При разработке краткосрочных и долгосрочных целей по микробиологическим и паразитологическим характеристикам необходимо учитывать опасность для здоровья человека.

Целевые показатели по радиационной безопасности водных объектов.

В соответствии с требованиями СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» и методическими указаниями 2.6.1.1981-05 по радиационному контролю для водных объектов, используемых в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, устанавливаются целевые показатели по следующим показателям радиационной безопасности: удельная суммарная альфа- и бета-активность.

ЦП развития системы государственного мониторинга водных объектов необходимо принимать с учетом Водной стратегии РФ [89].

Гидрологический мониторинг

ЦП развития системы гидрологического мониторинга ТППК бассейна северной части Финского залива должны включать количество речных гидрологических постов в соответствии со СКИОВО, оснащенных современных оборудованием и технологиями, позволяющими учитывать водный сток.

Гидрохимический мониторинг

ЦП развития системы гидрохимического мониторинга предусматривают сроки и место размещения вводимых в действие гидрохимических постов, автоматизированных постов гидрохимических наблюдений и постов мониторинга донных отложений.

Гидробиологический мониторинг

ЦП развития системы гидробиологического мониторинга определяют сроки и количество планируемых к введению в действие гидробиологических постов.

Радиационный контроль

ЦП мониторинга радиационной безопасности должны учитывать проведение радиационного контроля на всех используемых поверхностных и подземных водных источниках, как в водоразборной сети, так и на резервных артезианских скважинах, по показателям суммарной альфа- и бета-активности. При превышении допустимых значений контролируемых показателей необходимо определить концентрацию радионуклидов в водном объекте, их удельную природную активность, а также оценить значение суммы обратных концентраций.

Целевые показатели водообеспечения населения и объектов экономики.

Основным направлением развития системы водоснабжения является обеспечение регулярного водоснабжения водой, соответствующей нормативам качества питьевой воды, в требуемых объемах:

- а) домашних хозяйств;
- б) объектов социального назначения;
- в) сельскохозяйственных и промышленных объектов;
- г) транспортной инфраструктуры.

Целевые показатели развития водохозяйственной инфраструктуры бассейна.

Для обеспечения устойчивого развития бассейна северной части Финского залива в области водоснабжения и водоотведения необходимо достижение ряда важнейших ЦП по развитию водохозяйственной инфраструктуры в соответствии с отраслевой схемой водоснабжения и отраслевой схемой водоотведения (канализации) в рамках бассейнов или отдельных водохозяйственных участков в заданные периоды времени с учетом перспективы интенсивного развития высокоширотных территорий.

Для достижения установленных целевых показателей обосновываются и разрабатываются мероприятия по водным объектам, подвергающимся сильному локальному негативному воздействию, предусмотрено восстановление уже нарушенных водных экосистем. Рассмотренные мероприятия включают полное исключение сброса не нормативно очищенных загрязненных сточных вод, а также повышение степени использования оборотной воды в технологическом производственном процессе.

Разрабатываемые СКИОВО для ТППК должны соответствовать требованиям действующих законодательных и нормативных документов. Разработанные целевые показатели учитывают все необходимые показатели социально-экономического развития региона, и существующих возможностей финансирования водохозяйственных и водоохраных мероприятий.

5.1.2 Мониторинг уровня антропогенной нагрузки водопользователей интегрированного ТППК на водные объекты

Показатель уровня антропогенной нагрузки на водные ресурсы субъектов ТППК представляет оценку нагрузки восстанавливаемых ресурсов пресной воды от всех водопользователей [18]. Если уровень суммарной нагрузки не высокий, то суммарное изъятие воды всеми секторами экономики ТППК незначительно по отношению к объему общих водных ресурсов. Следовательно, на водный объект и устойчивость водных экосистем не оказывается значительного влияния, и динамика конкурентоспособности производств по экологичности не значительна. Если уровень суммарной нагрузки высокий, то доля общего водопотребления всеми субъектами ТППК тоже высока, на водные объекты и устойчивость экосистем оказывается серьезное воздействия, велика вероятность возникновения конкуренции между водопользователями за квоты водопотребления.

Показатель рассчитывается на основе трех составляющих, как описано ниже:

1. Общие возобновляемые пресноводные ресурсы (ОВПР) выражаются суммой:

а) внутренних возобновляемых водных ресурсов (ВтВВР) (определяются как средний многолетний сток рек и питание подземных вод ТППК, формируемые внутренними осадками)

и

б) внешних возобновляемых водных ресурсов (ВнВВР) (включают реки бассейна ТППК, с учетом объема, забираемого водопользователями).

2. Общий забор пресной воды ($\sum w_{зпв}$) - объем пресной воды, забираемой из водного объекта для нужд сельского и городского хозяйств, промышленного производства в границах региона (бассейна). $\sum w_{зпв}$ оценивается на отраслевом и межотраслевом уровне ТППК для следующих основных субъектов водопользования: сельского и городского (муниципального) хозяйств, включая забор на хозяйственно-питьевые и культурно-бытовые нужды), и промышленных производств. $\sum w_{зпв}$ складывается из

а) первичной воды, то есть забираемой впервые;

б) вторичной воды, т.е. воды, которая уже была изъята и была возвращена в водные объекты (например, сброс очищенных сточных вод, ливневых и поверхностных вод, с/х дренажных вод) и подземные грунтовые воды.

При определении $\sum w_{зпв}$ не учитывается прямое использование нетрадиционных водных источников, т. е. прямое использование очищенных сточных вод, ливневых и поверхностных вод, с/х дренажных вод и опресненных вод. В этом случае $\sum w_{зпв}$ рассчитывается по формуле:

$$\sum w_{зпв} = \sum w_{взi} - W_{пнj} \quad (5.1.6)$$

где:

$\sum w_{зпв}$ - сумма изъятия пресных водных ресурсов, м³;

$\sum w_{взi}$ - изъятие водных ресурсов для i -го субъекта водопользования ТППК, м³;

$W_{пнj}$ - прямое использование воды из j -го источника, м³.

3. Нормативное потребление экологического стока (ПЭС) – это такой объем воды, который нужен для обеспечения устойчивости водных экосистем.

Поскольку для расчета этого показателя необходимы данные, поступающие из различных секторов и источников, нужно осуществлять регионально-бассейновую координацию в целях обеспечения своевременного и последовательного сбора этих данных.

Данные, необходимые для расчета этого показателя, должны собираться ежегодно. Тем не менее, отчетный период длительностью до трех лет можно все же считать приемлемым.

Рекомендуется проводить сбор данных на регионально-бассейновом уровне во всех случаях, когда это возможно, поскольку это может обеспечить тот вид информации, который будет намного более полезен для принятия решений и осуществления планов по управлению водными ресурсами. На региональном уровне информация должна разделяться по бассейнам, сбору данных на соответствующем уровне и учету возможного искусственного переброса воды между бассейнами.

Рассчитывать вышеперечисленные компоненты рекомендуется, агрегируя переменные по подсекторам следующим образом:

- а. суммарный объем возобновляемых водных ресурсов рассчитывается как сумма внутренних и внешних восстанавливаемых водных ресурсов (м³/год);
- б. внутренние ресурсы представляют собой среднее многолетнее значение речного стока в бассейне вместе с подземными водами, который питается внутренними осадками;

в. к внешним ресурсам относится часть ВнВВР, образуемая за пределами бассейна.

Мониторинг уровня антропогенной нагрузки на водные ресурсы субъектов ТППК по секторам:

1. Забор воды на сельскохозяйственные нужды ($\text{м}^3/\text{год}$).

Годовое количество воды, подаваемой системами самообеспечения и забираемой для орошения, содержания скота и аквакультуры. Сюда входит вода, поступающая из первичных возобновляемых пресноводных источников, а также вода, поступающая в результате избыточного забора из возобновляемых подземных источников или забора грунтовых вод, прямое использование сельскохозяйственных дренажных вод, сточных (очищенных) и опресненных вод.

Забор воды на орошение ($\text{м}^3/\text{год}$)

Годовое количество воды, забираемой для целей орошения. Сюда входит вода, поступающая из первичных возобновляемых пресноводных источников и вторичных источников, а также вода, поступающая в результате избыточного забора из возобновляемых подземных источников или забора грунтовых вод, прямое использование сельскохозяйственных дренажных вод, сточных (очищенных) и опресненных вод.

Забор воды на содержание скота (поение и мытье) ($\text{м}^3/\text{год}$)

Годовое количество воды, забираемой для целей содержания скота. Оно включает воду, поступающую из первичных возобновляемых пресноводных источников и вторичных источников, а также воду, поступающую в результате избыточного забора из возобновляемых подземных источников или забора грунтовых вод, прямое использование сельскохозяйственных дренажных вод, сточных (очищенных) и опресненных вод. Сюда входит поение, санитарные нужды, чистка хлевов и т. д. Сюда не входит забор воды на орошение лугов и пастбищ, который включен в водозабор, описанный выше. Сюда также не входит водозабор на производство животной продукции, который включен в

промышленный водозабор ниже. Если водозабор на содержание скота связан с системой подачи воды населению, то он включается в водозабор для нужд городского хозяйства.

Водозабор для разведения водных биоресурсов (м³/год)

Объем воды, забираемой для разведения водных биоресурсов в год. Сюда входит вода, поступающая из первичных возобновляемых пресноводных источников и вторичных источников, а также вода, поступающая в результате избыточного забора из возобновляемых подземных источников или забора грунтовых вод, прямое использование сельскохозяйственных дренажных вод, сточных (очищенных) и опресненных вод.

2. Изъятие водных ресурсов промышленными производствами (м³/год).

Водные ресурсы из ВПР, вторичных водных источников, возобновляемых подземных источников или грунтовая вода, а также использование очищенных сточных вод.

3. Забор воды для коммунальных нужд (м³/год)

Годовое количество воды, забираемой первично для прямого потребления населением. Сюда входит вода, поступающая из первичных возобновляемых пресноводных источников и вторичных источников. Этот показатель обычно рассчитывается как общий водозабор городской сетью водоснабжения. Может включать часть промышленных производств, соединенных с городской сетью.

Для сбора данных, необходимых для расчета этого показателя, рекомендуется использовать базы данных по водным ресурсам.

4. Нормативное потребление экологического стока.

ПЭС могут определяться различными методами, начиная от гидроэкологической оценки и заканчивая всеобъемлющими комплексными моделями. Подход должен поступательно учитывать изменчивость режима стока в пространстве и времени, приводя к новейшим моделям с применением ГИС технологий.

В ходе данного диссертационного исследования выполнены расчеты годового объема экологического стока и нормативов допустимых объемов забора воды (как сумма месячных значений) для территориальных природно-производственных комплексов северной части бассейна Финского залива (Рисунок 5.1.1). На Рисунке 5.1.2 приведена линейная схема бассейна Финского залива, на рисунке 5.1.3 - Схема расположения пунктов мониторинга качества вод Северо-Западного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) в бассейне Финского залива. Итоговые данные расчёта представлены в таблицах 5.1.1 и 5.1.2.

Таблица 5.1.1 – Нормативы допустимых объемов забора воды ($W_{дз}$) и экологический сток в расчетных створах

Расчетные показатели	объем стока, млн.м ³												
	год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
устье р.Селезневка													
$W_{дз}$	11,0	0,41	0,25	0,09	4,02	2,47	0,47	0,27	0,27	0,26	0,69	1,00	0,76
$W_{эс}$	85,3	2,86	1,70	0,35	32,2	24,5	4,80	2,25	1,35	1,24	2,93	5,67	5,41
устье р.Петровка													
$W_{дз}$	2,71	0,05	0,04	0,03	1,18	0,64	0,13	0,05	0,01	0,06	0,21	0,22	0,09
$W_{эс}$	25,8	0,16	0,20	0,11	14,95	6,62	0,95	0,22	0,02	0,24	0,88	0,89	0,53
устье р.Перовка													
$W_{дз}$	17,2	0,87	0,57	0,87	5,21	1,90	0,84	0,55	0,48	0,77	1,50	2,07	1,58
$W_{эс}$	125,8	7,54	3,71	5,62	37,3	19,7	8,23	4,52	3,29	4,64	8,23	12,34	10,69
устье р.Гороховка													
$W_{дз}$	19,2	1,71	1,29	1,03	3,46	1,85	1,11	0,87	0,76	0,89	1,37	2,41	2,49
$W_{эс}$	156	12,70	9,06	10,22	25,4	30,4	15,5	9,80	6,37	4,98	8,47	10,00	12,81
устье р.Черная													
$W_{дз}$	19,2	1,04	0,88	0,85	4,25	2,32	0,83	0,79	0,61	0,89	1,83	2,54	2,32
$W_{эс}$	162	16,33	10,25	9,00	29,1	28,5	10,98	6,45	4,40	5,96	9,88	15,71	15,26
устье р.Сестра													
$W_{дз}$	10,0	0,41	0,30	0,41	2,94	1,29	0,37	0,33	0,41	0,50	0,99	1,14	0,88
$W_{эс}$	83,5	5,10	3,08	3,28	24,6	15,57	5,11	3,60	2,50	3,39	4,96	6,65	5,64
устье р.Черная													
$W_{дз}$	3,08	0,23	0,18	0,12	0,74	0,38	0,15	0,12	0,15	0,19	0,23	0,33	0,27
$W_{эс}$	28,1	1,61	0,82	1,64	8,43	3,36	1,69	1,42	1,03	1,31	1,94	2,75	2,07

Таблица 5.1.2 – Нормативы допустимого объема забора воды и экологический сток на расчетных водохозяйственных подучастках

Расчетные показатели	объем стока, млн.м ³												
	год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
РВП №1 - Реки и озера западного берега Выборгского залива													
$W_{дз}$	19,3	0,73	0,44	0,16	7,10	4,36	0,82	0,48	0,48	0,46	1,21	1,76	1,33
$W_{эс}$	151	5,0	3,0	0,6	56,9	43,3	8,5	4,0	2,4	2,2	5,2	10,0	9,6
РВП №2 - Реки и озера бассейна Финского залива от г. Выборга до границы Ленинградской													
$W_{дз}$	58,9	3,62	2,56	2,93	15,8	6,56	3,05	2,11	1,78	2,59	4,80	7,07	5,97
$W_{эс}$	451	29,0	17,2	22,4	120,2	79,3	34,0	19,7	13,4	15,2	27,0	37,3	36,3
РВП №3 - р. Черная (Гладышевка) и реки впадающие в Финский залив от границы													
$W_{дз}$	21,2	1,15	0,98	0,95	4,71	2,57	0,92	0,88	0,68	0,98	2,03	2,81	2,57
$W_{эс}$	179	18,1	11,35	9,97	32,2	31,5	12,16	7,15	4,87	6,60	10,94	17,4	16,9
РВП №4 - р. Сестра и реки впадающие в Финский залив от г. Зеленогорска до устья р.Сестра													
$W_{дз}$	15,6	0,83	0,62	0,62	4,30	1,99	0,64	0,54	0,69	0,84	1,41	1,75	1,37
$W_{эс}$	135,0	8,06	4,58	6,29	40,1	21,7	8,20	6,20	4,40	5,80	8,51	11,69	9,43
РВП №5 - Реки и озера бассейна Финского залива от устья р. Сестра до северной границы													
$W_{дз}$	4,65	0,35	0,27	0,17	1,12	0,58	0,22	0,17	0,23	0,28	0,35	0,50	0,40
$W_{эс}$	42,3	2,43	1,23	2,48	12,72	5,06	2,54	2,14	1,56	1,98	2,92	4,14	3,11

Для расчёта допустимых объемов забора ($D_{оз}$) необходимо установить исторически минимальные расходы воды по каждому месяцу отчетного года ($Q_{ист}$ и $W_{ист}$), в данном случае - среднемесячные объемы 99%-ной обеспеченности. Для обеспечения устойчивости водной экосистемы критические минимальные расходы воды ($Q_{кр}$ и $W_{кр}$) приняты объемы 97%-ной водной обеспеченности.

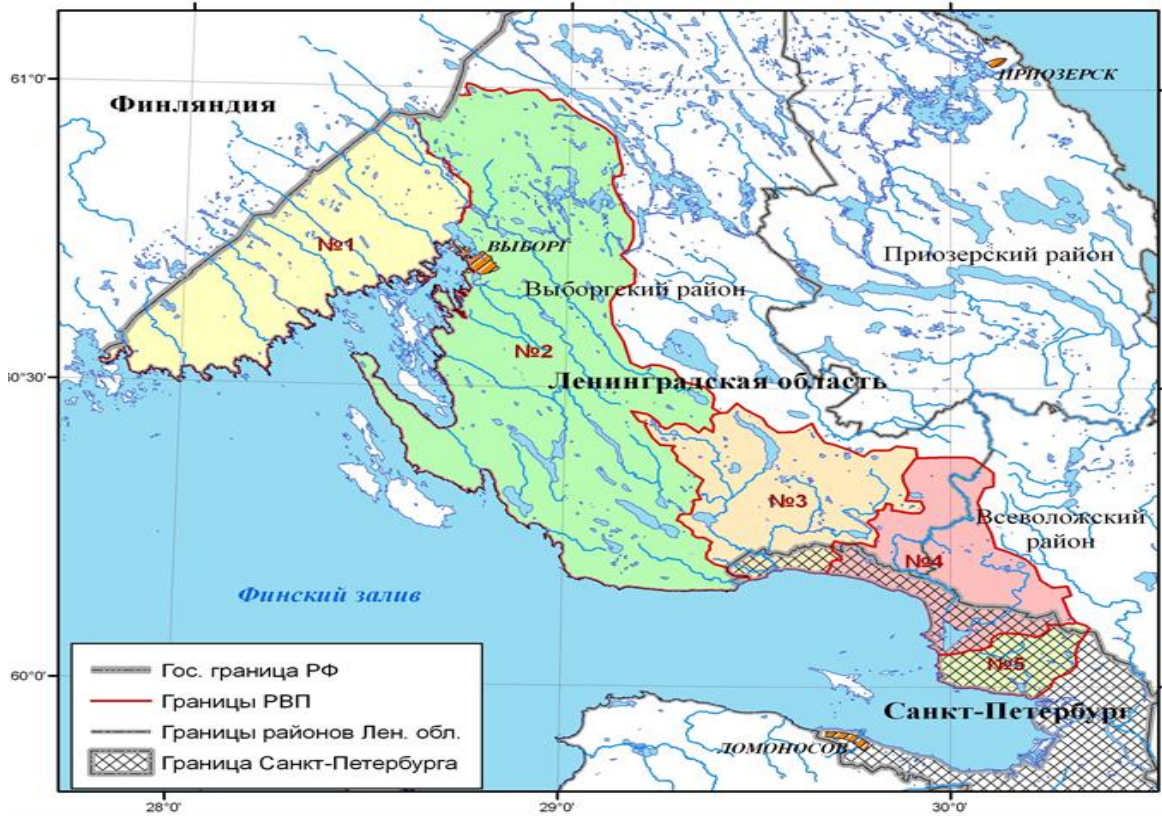


Рисунок 5.1.1 – Геоинформационная карта бассейна Финского залива

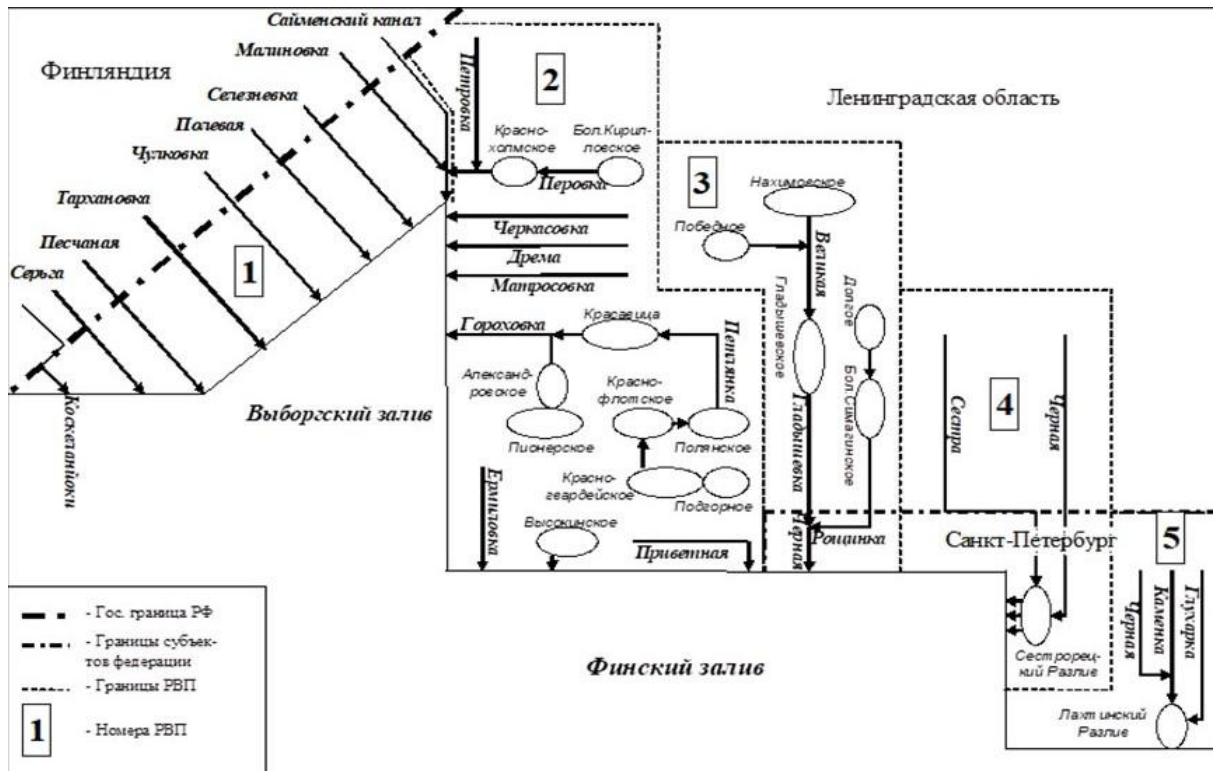


Рисунок 5.1.2 - Линейная схема бассейна Финского залива

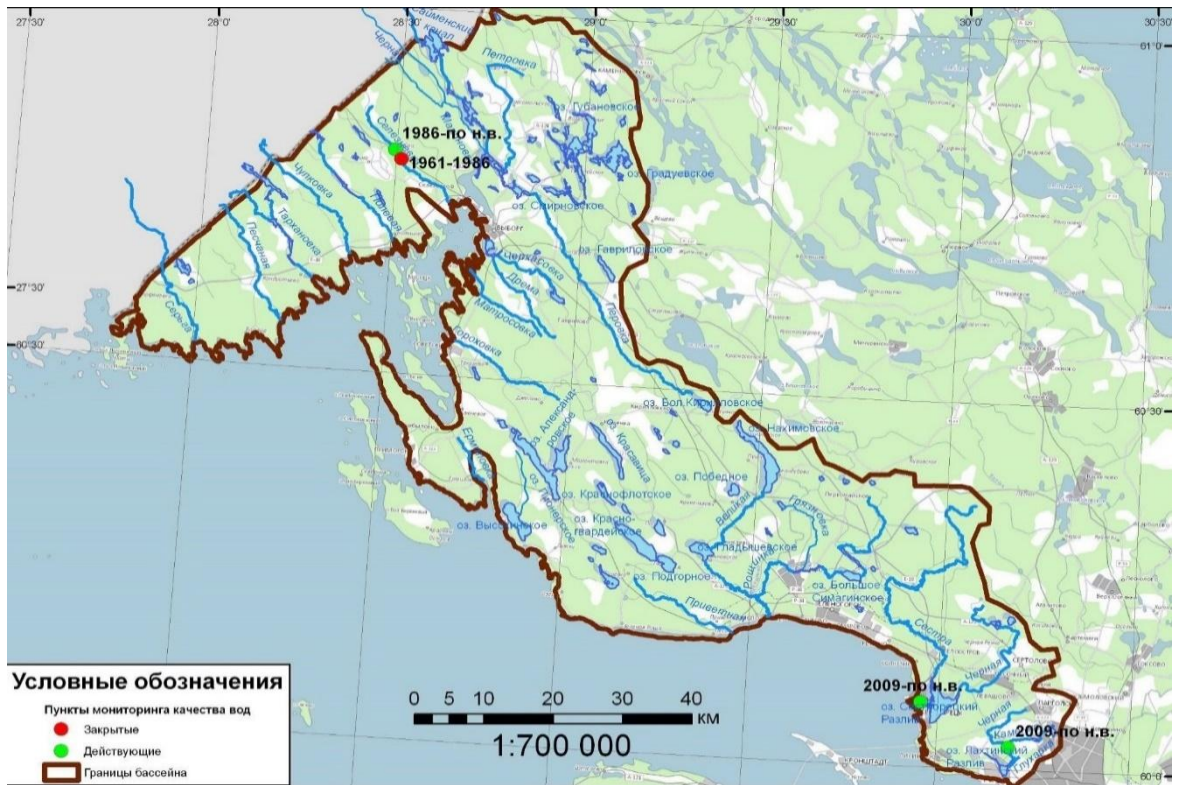


Рисунок 5.1.3 - Схема расположения точек контроля качества вод в бассейне Финского залива.

Таким образом объем экологического стока ($W_{эс}$) по каждому месяцу определяется на основе рассчитанных объемов $W_{Доз}$, в общем виде:

$$W_{эс} = W_i - W_{Доз} \quad (5.1.7)$$

где W_i – объем природного стока за месяц, принятый равным стоку 95%-ной обеспеченности.

Нормативы $W_{Доз}$ устанавливаются отдельно для каждого ВО в контрольных створах.

Рассмотренный выше методический подход к расчету экологического стока реализован на практике для определения значений экологического стока и объемов допустимого изъятия водных ресурсов для ТППК бассейна северной части Финского залива (Таблицы 5.1.1 и 5.1.2). Расчет производился по данным многолетних гидрологических и гидрометрических наблюдений.

$W_{эс}$ 95%-ной обеспеченности по месяцам рассчитывался с учетом следующих ограничений:

$$W_{эс} = W_{95\%} - W_{Доз}, \text{ если } W_{95\%} - W_{Доз} > W_{кр} \quad (5.1.8)$$

$$W_{эс} = W_{кр}, \text{ если } W_{95\%} - W_{Доз} \leq W_{кр} \quad (5.1.9)$$

Таким образом, полученные в ходе исследования результаты показали, что при условии реализации предложенных водоохраных мероприятий (Таблица 5.1.3) объем водопотребления субъектов ТППК бассейна северной части Финского залива к 2030 году возрастет на 1,52 млн.м³/год, что составит всего 0,1% от общего объема стока от всех водопользователей, что не окажет существенного воздействия и в будущем не вызовет изменений в водном режиме водных объектов бассейна

Таблица 5.1.3 - Предлагаемые мероприятия с целью повышения эффективности водопользования в бассейне рек Финского залива на 2019-2030 годы

№ п/п	Мероприятие	Обоснование необходимости реализации мероприятия	Сроки выполнения мероприятий	
			начало	окончание
1	Строительство и реконструкция централизованной системы водоотведения, пос. Яльгелево, Ломоносовского района, 800 м ³ / сутки	Основная задача проекта – сокращение (до 100%) сброса сточных вод без очистки	2020	2022
2	Строительство блока водоподготовки на водопроводной станции г. Зеленогорска, 5 тыс. м ³ /сут	Основная задача проекта – обеспечение населения чистой питьевой водой, соответствующей нормативам качества	2023	2025
3	Реконструкция канализационных очистных сооружений г. Кронштадта (1-2 этапы), 30 тыс.м ³ /сутки	Основная задача проекта – обеспечение населения питьевой водой, соответствующей нормативам качества	2019	2021

Анализ современного водопотребления и водоотведения ТППК бассейна Финского Залива выполнен на основе региональных баз данных статистической отчетности промышленных производств и предприятий ЖКХ по форме 2ТП-водхоз с применением ГИС-технологий.

5.2 Эколого-технологические характеристики территориальных природно-производственных комплексов, определяющие экологичность РПП по НДТ

5.2.1 Эколого-технико-экономическое обоснование целесообразности внедрения водоохранных мероприятий для РПП

Экономический механизм регулирования водопользования разрабатывают на государственном уровне и основывают на балансе разницы затрат объекта негативного воздействия на водный объект (ОНВ) на внедрение водоохранных мероприятий (например, НДТ) и экологических платежей за НВОС.

Эколого-технико-экономическая целесообразность внедрения водоохранных мероприятий предполагает их стимулирование (выгоду для водных экосистем с экологических позиций) путем установления соответствия или превышения платежей за негативное воздействие (в том числе и загрязнение) до внедрения водоохранных мероприятий и затратами на мероприятие [28].

Методика эколого-технико-экономического обоснования водоохранных мероприятий включает предварительные основные этапы (Рисунок 5.2.1):

- установление факта несоблюдения нормативов качества воды водного объекта по результатам контроля хозяйственной деятельности ОНВ по маркерным показателям I—II классов опасности;

- выбор НДТ по снижению негативного воздействия.

Для анализа эколого-технико-экономической целесообразности внедрения водоохранных мероприятий, включая НДТ, необходимо рассчитать приведенные экологические затраты по показателям экологичности (критерию антропогенной нагрузки и потенциалу воздействия):

$$\text{ЭЗ}_{\text{пр}i} = \frac{\Delta Z_{\text{пр}i}}{\Delta K_{\text{ан}} \text{ (или } \Delta \xi \text{)}}, \quad (5.2.1)$$

где $\text{ЭЗ}_{\text{пр}i}$ – приведенные экологические затраты, руб./м³ в год;

$Z_{\text{пр}i}$ – приведенные затраты, руб./ м³ в год;

$\Delta K_{ан}$ - уменьшение критерия антропогенной нагрузки (обеспечение требуемой кратности разбавления), руб./ м³ в год

$\Delta \xi$ - изменение потенциала воздействия на водные ресурсы, UI/m^3 в год. UI – количество единиц воздействия аналита-маркера, отражающего определенный тип воздействия субъекта ТППК.



Рисунок 5.2.1 – Алгоритм обоснования целесообразных (обязательных) водоохранных мероприятий

Включение вышеуказанных критериев при анализе эколого-технико-экономической целесообразности с учетом наилучших практик классической

методики технико-экономического обоснования (Рисунок 5.2.2) позволяет обеспечить унификацию и объективность процедур сравнения, а также оценивать эффективность системы очистки стоков с использованием дополнительно себестоимости снятия одной единицы воздействия по экологическим и технологическим параметрам основного и вспомогательного производств. Чем выше эффективность водоохранной технологии (чем больше снимается ЕВ загрязняющих веществ), тем меньше будет ущерб водному объекту от загрязнения, соответственно экологические издержки (природоохранные платежи) предприятия снизятся, прибыль субъекта ТППК увеличится.

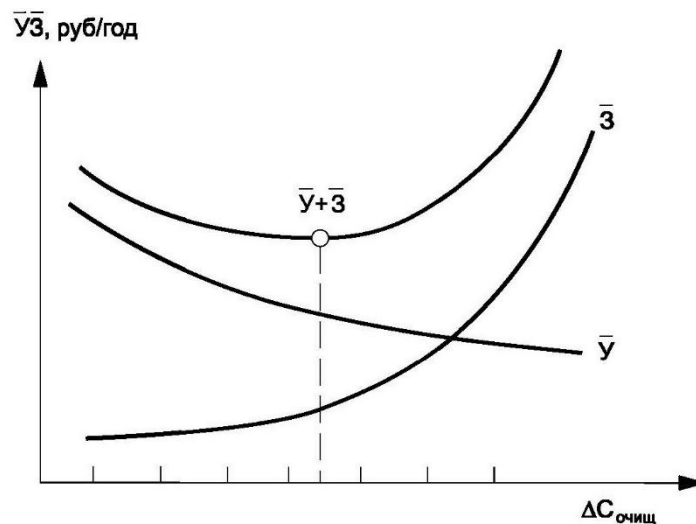


Рисунок 5.2.2 – Традиционная система эколого-экономической эффективности технологии очистки сточных вод

Y – предотвращенный ущерб от НВОС; Z – приведенные затраты; $\Delta C_{\text{очист}}$ – улучшение качества воды после очистки

На основе результатов анализа состояния РПП по экологическим и технологическим критериям, проведенным в первой главе данного диссертационного исследования, а также перечнем НДТ для изготовителей полупроводниковых элементов и предприятий микроэлектроники (Приложение

Б), ИТС 36-2017 [50] и ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» [49] (Приложение А), проведено эколого-технико-экономическое обоснование выбора НДТ по очистке сточных вод РПП. Проведена оценка следующих технологий:

- а) полная биологическая очистка (НДТ-1);
- б) НДТ-1 с симультанным осаждением (НДТ-2);
- в) НДТ-1 с нитрификацией-денитрификацией (НДТ-3);
- г) полная биологическая очистка (БО) с фильтрованием на зернистых фильтрах (НДТ-4);
- д) полная биологическая очистка с фильтрованием на зернистых фильтрах и обработкой в аэрируемых биопрудах (НДТ-5);
- е) полная биологическая очистка с флотацией (НДТ-6);
- ж) полная БО с флотацией и обработкой в биопрудах (НДТ-7);
- з) полная биологическая очистка с коагуляцией и фильтрованием на зернистых фильтрах (НДТ-8);
- к) полная биологическая очистка с фильтрованием в зернистых фильтрах и обработках в ионообменных колоннах клиноптилолитом (НДТ-9);
- л) полная БО с коагуляцией и фильтрованием на зернистых фильтрах с угольным фильтром (НДТ-10);
- м) полная БО с фильтрованием в зернистых фильтрах и обработка в ионообменных колоннах клиноптилолитом с абсорбцией (НДТ-11).

На Рисунке 5.2.3 представлено графическое обоснование выбора НДТ для сооружений очистки сточных вод РПП производительностью 32-40 тыс. м³/сут.

На Рисунке 5.2.4 представлено графическое обоснование выбора НДТ для сооружений очистки сточных вод РПП производительностью 150-160 тыс. м³/сут.

Из Рисунков 5.2.3 и 5.24 видно, что ЭЗ_{пр} наиболее эффективны в интервале значений 300-900 руб./ЕВ (единицу воздействия). Наиболее выгодными технологиями для РПП являются НДТ-3, НДТ-5, НДТ-7, НДТ-8 при

производительности 32-40 тыс. м³/сут, соответственно при производительности 150-160 тыс. м³/сут – НДТ-5, НДТ-7, НДТ-8, НДТ-9, НДТ-10, НДТ-11 (с наилучшим качеством очищенных стоков).



Рисунок 5.2.3 – Зависимость качества очищенных стоков от отношения предотвращенного ущерба и ЭЗ_{пр} очистных сооружений производительностью 32-40 тыс. м³/сут при использовании НДТ

Оценка эколого-технико-экономической целесообразности проведения водохранных мероприятий на основе экологических и технологических критериев позволяет обосновать размер экологических платежей за одну единицу воздействия загрязняющих веществ, а также плату за водопользование в зависимости от качества воды, корректировать методику исчисления размера ущерба водным объектам.

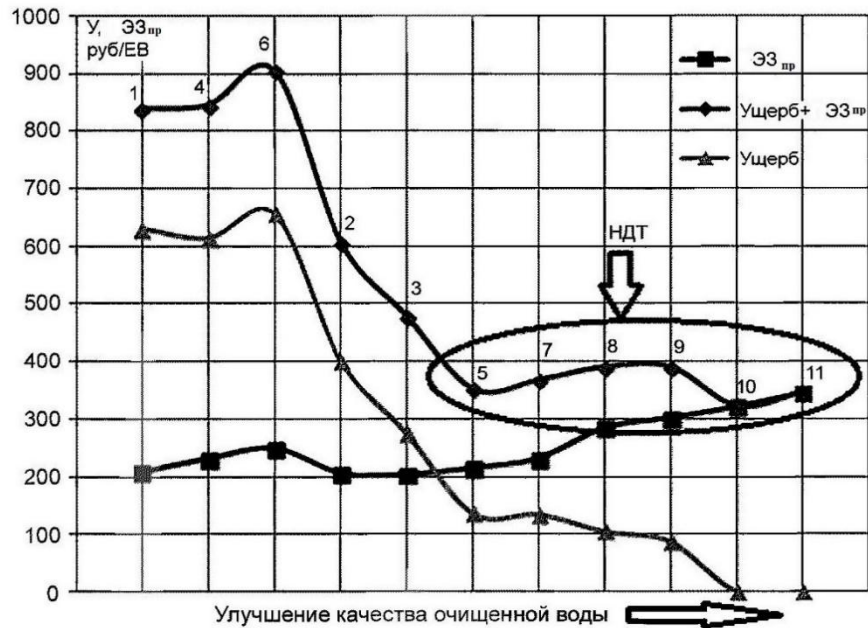


Рисунок 5.2.4 – Зависимость качества очищенных стоков от отношения предотвращенного ущерба и $\text{ЭЗ}_{\text{пр}}$ очистных сооружений производительностью 150-160 тыс. м³/сут при использовании НДТ

Порядок обоснования целесообразности проведения водоохранных мероприятий представлен на примере оценки снижения техногенного воздействия сточных вод радиоэлектронных и приборостроительных производств. Снижение техногенного воздействия сточных вод РПП возможно реализовать по двум направлениям:

- технический подход (Рисунок 5.2.5);
- эколого-технологический подход (Рисунок 5.2.6).

Оценка целесообразности проведения водоохранных мероприятий при эколого-технологическом подходе выполняется, устанавливая наличие или отсутствие негативного воздействия сточных вод на водные объекты ТППК перед принятием решений по выполнению каких-либо мероприятий технического характера. При наличии негативного воздействия рассматриваются варианты по снижению количества сточных вод и их очистке, причем целесообразно очищенные сточные воды использовать повторно. При обоснованном

доказательстве отсутствия негативного воздействия сточных вод, проводится обоснование НДС веществ со сточными водами, обеспечивающих минимизацию платежей за эти сбросы.

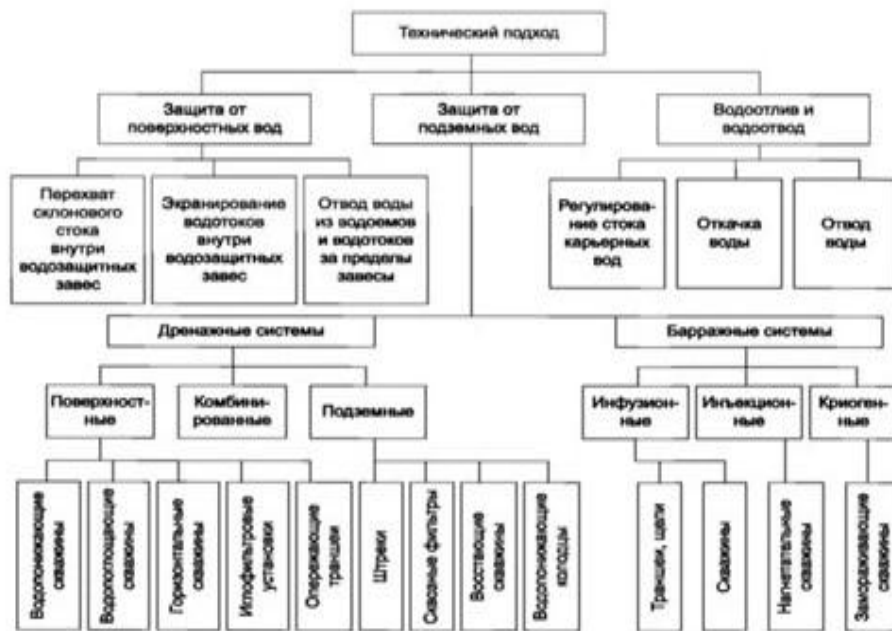


Рисунок 5.2.7 – Мероприятия по снижению техногенного воздействия сточных вод

Применение современных геоинформационных технологий при эколого-техничко-экономическом обосновании целесообразности водоохраннх мероприятий при разработке проектов НДС и СКИОВО на основе информационно-алгоритмического обеспечения имитационного моделирования бассейновых ТППК с интегральной оценкой допустимой нагрузки позволяет значительно повысить надежность и достоверность принимаемых решений.

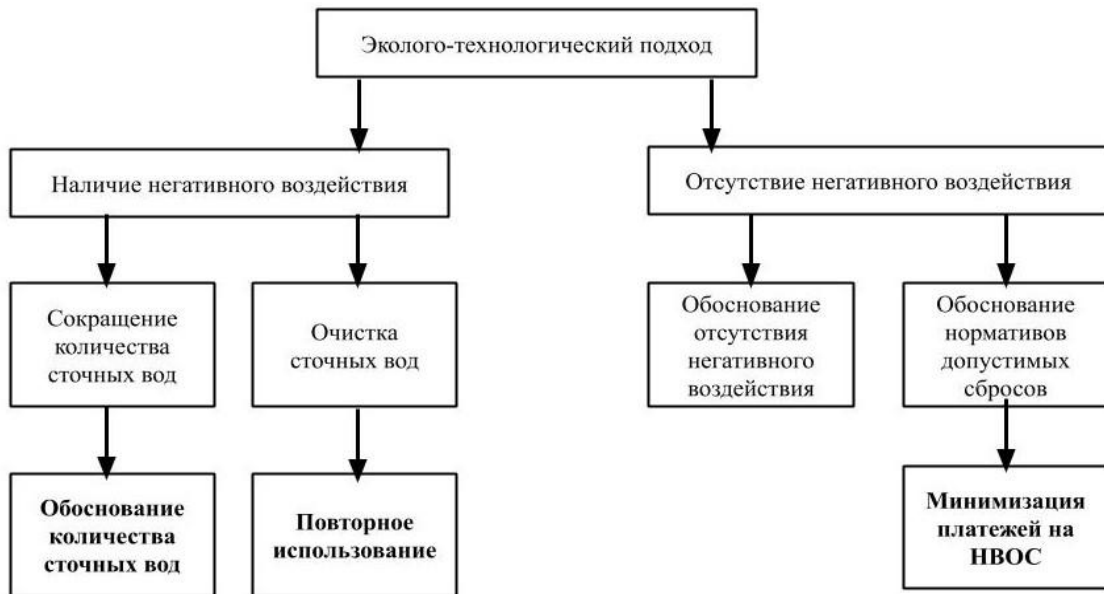


Рисунок 5.2.8 – Эколого-технологический подход к снижению техногенной нагрузки сточных вод предприятий радиоэлектроники и приборостроения

Разработанный в диссертации инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в территориальном природно-производственном комплексе на уровне основного производства, очистных сооружений и процессов жизненного цикла производства позволяет на ГИС основе взаимоувязать бассейновые НДС с индивидуальными НДС для РПП.

Внедрение наилучших доступных технологий на предприятиях радиоэлектроники и приборостроения в рамках предложенной новой системы экологического управления межотраслевыми взаимоотношениями субъектов ТППК при соответствующем эколого-технологическом обосновании НДС позволяет сократить экологические издержки отдельного предприятия на 65-70% за счет снижения размера платежей за НВОС.

5.2.2 Оценка соответствия негативного воздействия РПП на водные объекты ТППК качеству НДТ по технологическим критериям

Анализ ключевых экологических проблем РПП, проведенный в первой главе диссертационного исследования, показал, что при производстве изделий микроэлектроники и полупроводниковых приборов применяются водоемкие технологии, для которых необходимо регулирование нормативов воздействия сточных вод (НВС) с применением оценки соответствия негативного влияния качеству НДТ по технологическому индексу воздействия (TII) [29]:

$$TII = \sum_{j=1}^n \frac{M_i}{M \cdot UI}, \quad (5.2.2)$$

где n – количество учитываемых видов воздействий;

M_i – масса аналита-маркера, характеризующего воздействие при производстве конкретной продукции, кг/т:

$$M_i = C_i \cdot \text{УНВС}, \quad (5.2.3)$$

где C_i – концентрация аналита-маркера в очищенных сточных водах, кг/тыс.м³;

УНВС – удельный норматив воздействия сточных вод, тыс.м³/т;

$M \cdot UI$ – масса единицы воздействия аналита-маркера, кг/UI.

$TII_{\text{НДТ}}$ по технологическим показателям основного производства проводится не менее чем для двух предприятий отрасли (алгоритм выбора НДТ, используемых более чем на одном объекте радиоэлектроники и приборостроения, представлен на Рисунке 5.2.9). Полученные результаты расчета TII сравниваются с соответствующими значениями $TII_{\text{НДТ}}$ из ИТС НДТ или с установленными российскими отраслевыми нормативами $TII_{\text{НДТ}}$ общего действия.

Если значение $ТП$ рассматриваемых технологий менее или равны $ТП_{НДТ}$, то технологии объектов негативного воздействия соответствуют качеству НДТ. В этом случае, выбор НДТ проводится в соответствии с методологией, рассмотренной в параграфе 5.2.1.

Если значение $ТП$ более $ТП_{НДТ}$ субъект ТППК должен доказать, что используемая технология соответствует качеству НДТ путем оценки степени истощения водного объекта (СИВО) по следующей методологии:

1. Технология, оказывающая негативное воздействие на качество воды водного объекта, соответствует качеству НДТ в случае установления устойчивого неухудшения комплексных экологических критериев в контрольных створах (250 м, 500 м; 750 м; 1 км) ($K_{ан}$, ξ , класс качества воды) по отношению к соответствующим данным фонового створа.
2. Если $K_{ан}$ рассматриваемой технологии превышает кратность разбавления сточных вод в контрольном створе в зимний период средней водообеспеченности, но не превышает кратность разбавления сточных вод в зимнюю межень года средней водообеспеченности оценивается зона влияния сточных вод и степень истощения водного объекта на основе результатов мониторинга эффективности водопользования субъекта ТППК. Протяженность зоны влияния для получения доказательственных данных определяет субъект хозяйственной деятельности с учетом других водопользователей ТППК.
3. Если в зимнюю межень года средней водообеспеченности $K_{ан}$ рассматриваемой технологии превышает кратность разбавления сточных вод в контрольном створе, то технология по формальным признакам не соответствует качеству НДТ и требуется оценка степени истощения качества воды водного объекта.
4. Оценка величины СИВО, возрастающей из-за сброса сточных вод, проводится с учетом изменения совокупности интегрированных

экологических критериев ($K_{ан}$, ξ , класс качества воды) качества воды в пункте контроля по сравнению с фоновым створом.

5. Если выявлено устойчивое истощение водного объекта, то субъект ТППК выявляет потенциальные факторы снижения характеристик негативного воздействия и принимает решение о формировании программы повышения эффективности водопользования в рамках подготовки документов для обоснования условий водопользования при получении комплексного экологического разрешения с учетом решения ключевых регионально-бассейновых проблем.



Рисунок 5.2.9 – Методология определения НДТ, используемых на двух и более предприятиях радиоэлектроники и приборостроения, оказывающих негативное влияние на окружающую среду

В перечень перспективных технологий включаются технологии, не получившие в настоящее время достаточного распространения.

В соответствии с алгоритмом принятия решения по НДТ (Рисунок 5.2.10) и проведенными в диссертации исследованиями ключевых проблем РПП определены основные технологические процессы и методы в качестве НДТ для радиоэлектронных и приборостроительных производств (Рисунок 5.2.11) [50, 126, 128].

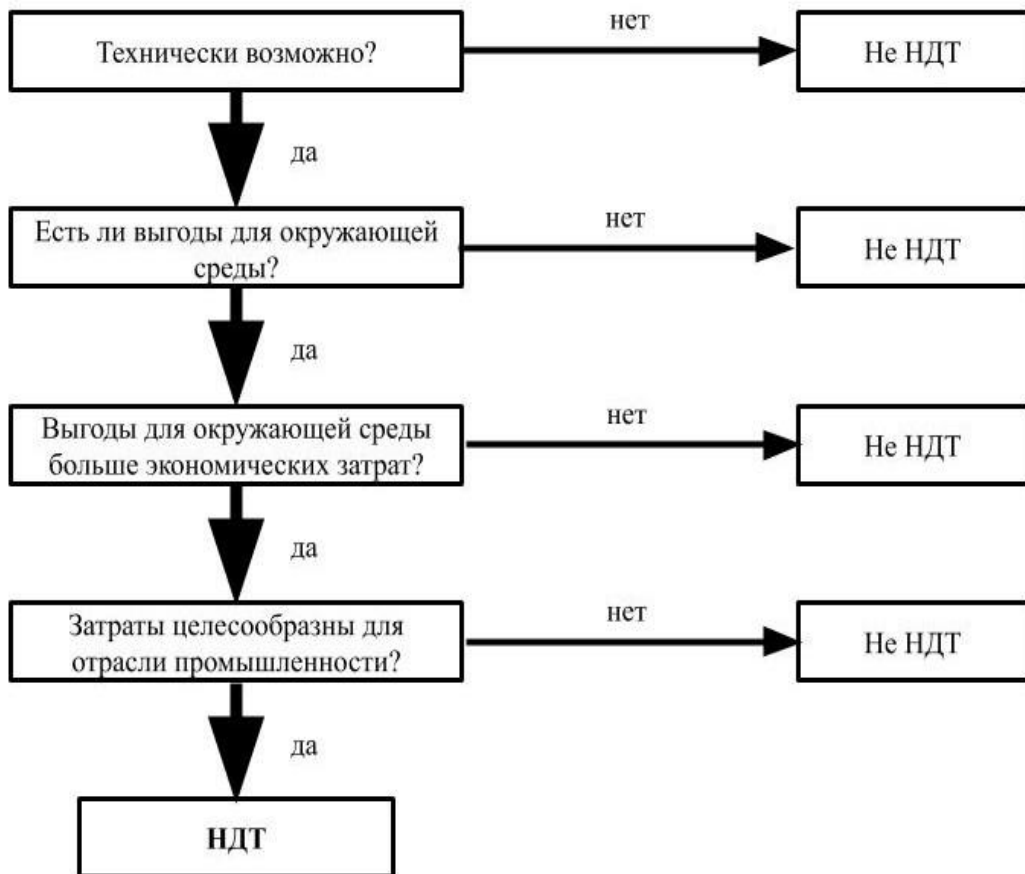


Рисунок 5.2.10 – Алгоритм принятия решений по НДТ

Наилучшие доступные технологии применимые для РПП	Технологические и технические решения
Рациональное водопотребление	<ul style="list-style-type: none"> - повышение количества ступеней промывки; - замена прямоточной промывки на противоточную; -использование воды из систем охлаждения и нагрева на операциях промывки; -повторное использование промывной воды на других операциях промывки.
Сокращение образования отработанных технологических растворов	<ul style="list-style-type: none"> -продление срока эксплуатации электролитов за счет применения средств и методов контроля их состава и состояния, технологических параметров обработки печатных плат; -соблюдение технологических режимов.
Сокращение поступления в сточные воды токсичных загрязняющих веществ	<ul style="list-style-type: none"> -замена составов растворов и электролитов, содержащих высокоопасные химические веществ, на менее опасные; -снижение содержания загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих на очистные сооружения, за счет уменьшения количества электролитов и растворов, выносимых из технологических ванн в ванны промывки; -применение менее концентрированных растворов.
Минимизация образования объемов сточных вод	<ul style="list-style-type: none"> -внедрение локальных систем очистки и регенерации промывочной воды и использования ее по замкнутому циклу; -использование очищенных производственных сточных вод в замкнутом цикле (организация водооборота); -внедрение средств и методов контроля параметров очистки сточных вод.
Гальванохимическая обработка поверхности в производстве печатных плат	<ul style="list-style-type: none"> -внедрение современных технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, комплексообразователей и органических соединений с использованием реагентных, сорбционных, флотационных и других технологий.
Нанесение металлических и неметаллических неорганических покрытий	<ul style="list-style-type: none"> - нанесение металлических и неметаллических неорганических покрытий надлежащего качества с использованием технологических и технических методов, отвечающих критериям экологической безопасности и экономической целесообразности.

Рисунок 5.2.11 – Перспективные наилучшие доступные технологии, применимые для РПП

5.2.3 Оценка результативности рационального водопользования РПП

Оценка результативности рационального водопользования (водохозяйственной деятельности) промышленных производств включает следующие этапы [29, 30]:

1. Оценка соответствия применяемых технологий уровню наилучших доступных технологий путем сравнения технологических показателей, указанных в ИТС НДТ, и показателей, полученных субъектом ТППК.

При отсутствии справочных данных или несоответствии технологий уровню НДТ оценивается уровень технической организации

водохозяйственной деятельности субъекта ТППК с целью разработки программы водоохранных мероприятий в соответствии с действующим природоохранным законодательством.

2. Оценка уровня технической организации водохозяйственной деятельности субъекта ТППК по технологическому показателю «система использования воды»: прямоточная, повторная (оборотная), комплексная и критериям рационального природопользования.

Критерии рационального использования водных ресурсов включают в себя:

- коэффициент технического уровня организации водопользования γ_T рассчитывается по следующей формуле:

$$\gamma_T = \frac{q_n + q_{об} + q_k}{q_{об} + q_{св} + q_c + q_k + q_n}, \quad (5.2.4)$$

где q_n - расход повторно используемой воды, м³/год;

$q_{об}$ - расход используемой оборотной воды, м³/год;

q_k - расход воды, используемой комплексно, взамен свежей воды (например, очищенные ливневые сточные воды), м³/год;

$q_{св}$ - расход используемой свежей воды, м³/год;

q_c - расход воды, привносимой с сырьем, м³/год;

- коэффициент потерь свежей воды $\gamma_{псв}$ рассчитывается по формуле:

$$\gamma_{псв} = \frac{q_{св} + q_c - q_{ст}}{q_{об} + q_{св} + q_c + q_k + q_n}, \quad (5.2.5)$$

где $q_{ст}$ – расход сточных вод, м³/год;

- коэффициент сброса сточных вод $\gamma_{сбр}$ рассчитывается по формуле:

$$\gamma_{сбр} = \frac{q_{ст}}{q_{об} + q_{св} + q_c + q_k + q_n}, \quad (5.2.6)$$

Расходы (объемы) воды определяются по водохозяйственным балансам субъектов ТППК.

Наиболее рациональным является водопользование, характеризующееся оптимальным коэффициентом потерь свежей воды, максимальным

коэффициентом технического уровня организации водопользования и минимальным коэффициентом сброса сточных вод:

$$\gamma_T + \gamma_{ПСВ} + \gamma_{см} = 1. \quad (5.2.7)$$

В соответствии с рассмотренной методологией рассчитаны критерии рационального использования водных ресурсов (КРИВР) для двух предприятий-производителей компонентов электронной техники и печатных плат – субъектов ТППК бассейна рек Финского Залива и проведено сравнение с установленными в [30] КРИВР для данного вида продукции: $\gamma_T=0,8571$, $\gamma_{ПСВ}=0,0143$, $\gamma_{ст}=0,1286$. В Таблице 5.2.1 представлены исходные данные для расчета КРИВР.

Таблица 5.2.1 – Расходы воды водопользователей-объектов негативного воздействия РПП ТППК

Типы используемой воды	ОНВ РПП 1	ОНВ РПП 2
Оборотная вода, млн.м ³ /год	0	102
Свежая вода, млн.м ³ /год	4,69	11,2
Вода с сырьем, млн.м ³ /год	0,5	8
Вода, используемая комплексно взамен свежей, млн.м ³ /год	0	0
Сточные воды, млн.м ³ /год	0,55	41,9
Повторно используемая вода, млн.м ³ /год	0,15	20

В Таблице 5.2.2 представлены результаты расчета КРИВР для двух предприятий-производителей компонентов электронной техники и печатных плат – субъектов ТППК бассейна рек Финского Залива.

Таблица 5.2.2 – Результаты расчета КРИВР водопользователей-объектов
негативного воздействия РПП ТППК

ОНВ РПП	γ_t		$\gamma_{псв}$		$\gamma_{ст}$	
	Фактич.	Реком. для отрасли	Фактич.	Реком. для отрасли	Фактич.	Реком. для отрасли
1	0,0281	0,8571	0,8689	0,0143	0,1030	0,1286
2	0,8640	0,8571	0,1608	0,0143	0,2967	0,1286

Результаты расчета показывают, что ОНВ РПП1 характеризуется минимальным значением коэффициента технического уровня водопользования и максимальным значением коэффициента потерь свежей воды при нормальном уровне сброса сточных вод. Предприятию необходима разработка плана водохозяйственных мероприятий, включающего программу экологического контроля и мониторинга системы водопотребления с целью сокращения потерь свежей воды при производстве и уменьшения водопотребления.

ОНВ РПП2 характеризуется максимальным значением коэффициента технического уровня водопользования и минимальным значением коэффициента потерь свежей воды, следовательно, предприятие использует более прогрессивные технологии. Однако, высокий уровень значения коэффициента сброса сточных вод говорит о проблемах в системе водоотведения, на которые предприятию следует обратить внимание при разработке программы повышения экологической эффективности.

Полученные в ходе диссертационного исследования результаты анализа экологичности предприятий радиоэлектроники и приборостроения использованы при разработке ГИС-проекта «Экологическое нормирование техногенной нагрузки РПП (ЭНТН РПП)».

5.3 Реализация методов и средств обеспечения экологичности РПП. Принятие значимых управленческих решений с учетом результатов мониторинга и оценки результативности водопользования РПП по эколого- технологическим характеристикам

Разработанные в ходе диссертационного исследования методы и средства апробированы в инженерной практике для решения локальных задач обоснования нагрузки для индивидуальных водопользователей (НДС) в рамках бассейновых НДВ для неограниченного числа и типа водопользователей на основании региональных баз данных с применением ГИС-технологий [39, 40, 41].

В соответствии со структурой (Рисунок 5.3.1) автоматизированной информационно-управляющей системы «ГИМС-ТППК» осуществляется возможность в автоматическом режиме получать создание, редактирование и управление рабочими процессами.

Сформирован ГИС-проект «Экологическое нормирование техногенной нагрузки РПП» (ЭНТН РПП), учитывающий все виды воздействий в пределах ТППК, который дал возможность автоматизировать операции по сбору, обработке и представлению данных от предприятий радиоэлектроники и приборостроения. Кроме того, разработанный на основе ГИС-технологий проект позволил проанализировать качество воды водных объектов в пределах РВХУ. Созданный проект «ЭНТН РПП» позволяет разработать систему мониторинга экологического состояния ТППК и сделать прогноз развития ситуаций по различным сценариям с целью принятия эффективных управленческих решений при возникновении инцидентов [91].

Разработка и реализация ГИС-проекта «ЭНТН РПП» состояла из следующих этапов:

- A. Разработка географической базы данных, включающей:
 - электронную карту-схему бассейнового (регионального) ТППК;

- расчетные геоданные по каждому предприятию-водопользователю и каждому ВХУ;
- базу геоданных, созданную на основе информационно-управляющей системы (Рисунок 5.3.1).

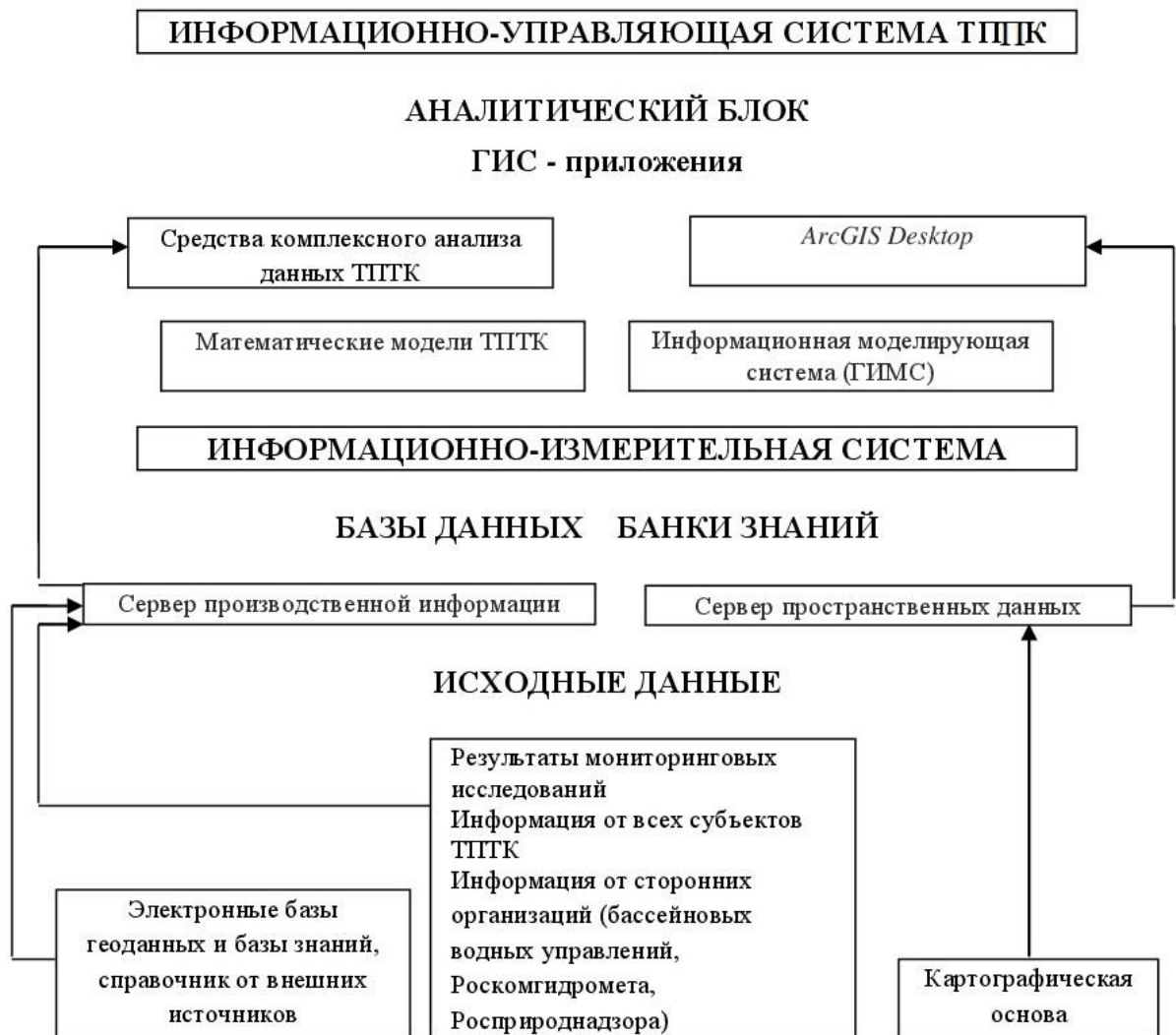


Рисунок 5.3.1 - Структура автоматизированной информационно-управляющей системы «ГИМС – ТПК».

В. Реализация ГИС-проекта «ЭНТН РПП» позволила:

- классифицировать предприятия-водопользователей по отраслям и номенклатуре производимой продукции, идентифицировать предприятия радиоэлектроники и приборостроения;
- ранжировать предприятия по НДС и интегральным массам сброса ЗВ;
- ранжировать предприятия по степени соответствия, используемых водопользователями технологий основного производства и очистки сточных вод, наилучшим доступным технологиям;
- формирование модели водного объекта;
- адаптация информационно-управляющей системы «ГИМС-ТППК» по ВХУ в соответствии с рассчитанными НДС для бассейна (региона) и НДС для водопользователей на базе эколого-технологической модели оптимизации.

Новый подход к применению ГИС-технологий в экологическом управлении ТППК, заключающийся в создании дополнительных тематических слоев в проекте «ЭНТН РПП» с помощью картографирования, позволил обеспечить устойчивое экологически безопасное развитие РПП с учетом их технико-экономического состояния, взаимодействия с другими отраслевыми производствами и показателями окружающей среды.

В сформированном ГИС-проекте «ЭНТН РПП» реализована модель информационно-управляющей системы ТППК эколого-технологического нормирования техногенной нагрузки по установленным целевым показателям, индексу интегральной нагрузки (ИИН) или по удельному комбинаторному индексу (УКИИН). ИИН показывает соотношение фактической массы ЗВ к нормативам допустимого воздействия и рассчитывается по формуле:

$$\text{ИИН} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{M_{i\text{факт}}}{\text{НДВ}_{i\text{хим_упр}}} \quad (5.3.1)$$

где n – количество ЗВ;

$M_{i\text{факт}}$ – фактическая масса i -го ЗВ в сточной воде, т/год;

$НДВ_{i_{хим_упр}}$ - норматив допустимого воздействия i -го ЗВ, т/год.

В Таблице 5.3.1 представлена классификация ИИН по степени и характеристике антропогенной нагрузки на водные объекты ТППК.

Таблица 5.3.1 - Классификация степени и характеристики техногенной нагрузки на РВП по ИИН

Степень и характеристика нагрузки	Величина ИИН
1 – очень низкая	$\leq 0,3$
2 – пониженная	$(0,3; 1]$
3 – незначительная	$(1; 2,5]$
4 – повышенная	$(2,5; 4]$
5 – высокая	$(4; 6]$
6 – очень высокая	$(6; 10]$
7 – чрезвычайно высокая	>10

Результаты расчетов по индексам интегральной нагрузки позволили идентифицировать РВП ТППК бассейна северной части Финского залива по степени антропогенной нагрузки (Рисунок 5.3.2). Определено, что наиболее высокая нагрузка на водные объекты на следующих расчетных водохозяйственных подучастках: 005.01, 004.01, 004.02, 004.05, 007.04, 003.04, 003.11.

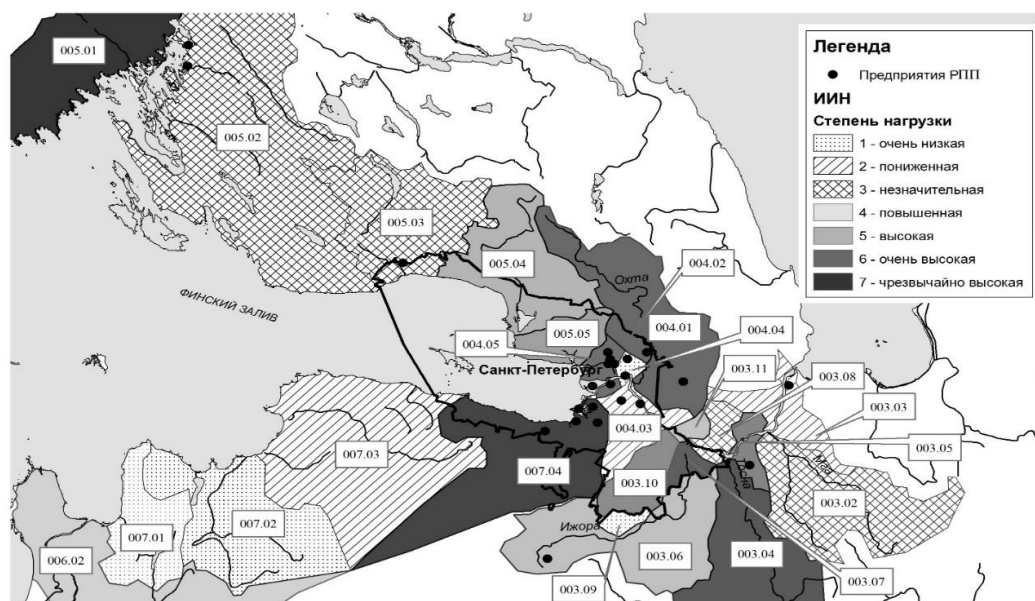


Рисунок 5.3.2 – Карта расположения РПП с обозначением степени техногенной нагрузки на РВП

На РВП с чрезвычайно высокой нагрузкой $M_{i\text{факт}}$ превышает НДВ более чем в 4 раза. На расчетных водохозяйственных подучастках с номерами: 003.03, 003.09, 004.03, 004.04, 007.01-007.03, допустимая нагрузка на водные объекты не превышена. Таким образом, определено, что нагрузка на водный объект ТППК северной части Финского залива от водопользователей, включая предприятия радиоэлектроники и приборостроения, превышает установленные НДВ по 18 участкам, и лишь на 7 РВП нагрузка соответствует допустимой.

Проведено сравнение $M_{i\text{факт}}$ с НДВ по индексам интегральной нагрузки для тех основных расчетных водохозяйственных подучастков, на которых находятся РПП. Результаты приведены в Таблице 5.3.2.

Из Таблицы 5.3.2 видно, что для рассматриваемых РВП необходимо уменьшить антропогенной нагрузку за счет снижения $M_{i\text{факт}}$ от отдельных водопользователей. Например, по РВП 003.05 (уровень нагрузки очень высокий) для обеспечения уровня нагрузки до высокого или повышенного следует сократить массу ЗВ на 15-35%.

Таблица 5.3.2 - Индексы интегральной нагрузки по расчетным водохозяйственным участкам, на которых расположены РПП

№ РВП	Показатели	Ингредиенты (тонн/год)									ИИН, степень и характеристика
		Органические вещества		Биогенные элементы		Прочие					
		ХПК	БПК _{полн.}	<i>N-NO₂</i>	<i>P</i> _{общ.}	<i>Fe</i> _{общ.}	НП	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Mn</i>	
003.05	сбросы	259,0	124,0	1,4	3,90	2,7	0,5	0,03	0,1	0,20	6,0 6 – очень высокая
	НДВ _{хим}	81,8	9,8	1,5	0,13	0,6	0,3	1,64	8,2	0,17	
	соотн.	3,2	12,6	0,9	30,0	4,7	1,5	0,02	0,01	1,2	
004.03	сбросы	660	58	2,65	1,98	8,5	4,6	0,1	0,50	0,5	0,5 2 – пониженная
	НДВ _{хим}	1556	208	47,20	2,08	15,6	4,5	34,8	0,52	5,2	
	соотн.	0,4	0,3	0,06	0,95	0,5	1,02	0,003	0,96	0,1	
04.05	сбросы	37752	20245	0,38	511,0	348,0	256,0	4	22,00	33,0	14,8 7-чрезвычайно высокая
	НДВ _{хим}	6237	832	153,00	8,3	62,4	10,7	81	2,08	20,8	
	соотн.	6,1	24,3	0,002	61,4	5,6	23,9	0,05	10,6	1,6	
005.02	сбросы	398,0	110,00	0,44	5,09	7,42	0,405	0,11	0,264	0,366	2,4 3 - незначительная
	НДВ _{хим}	129,9	24,65	0,17	0,82	3,70	0,250	0,11	0,270	0,284	
	соотн.	3,1	4,5	2,6	6,2	2,0	1,6	1,0	0,9	1,3	
007.04	сбросы	745,0	97,20	3,63	11,20	6,090	0,882	0,057	-	0,943	29,2 7-чрезвычайно высокая
	НДВ _{хим}	40,8	1,92	0,10	0,14	0,547	0,048	0,005	-	0,097	
	соотн.	18,3	50,6	36,30	77,8	11,1	18,4	11,3	-	9,7	

ГИС-проект «Экологическое нормирование техногенной нагрузки РПП», сформированный на основе разработанного инструментария организационно-технологического обеспечения заданного уровня экологичности РПП позволил определить индексы, степень и характеристики нагрузки предприятий радиоэлектроники и приборостроения. В рамках проекта рассчитан индекс интегральной нагрузки для заданного числа расчетных участков. Разработаны рекомендации по сокращению и квотированию массы загрязняющих веществ на водохозяйственных участках рассматриваемого бассейна рек для отдельных РПП в рамках ТППК с целью дальнейшего устойчивого экологически безопасного развития РПП с учетом их технико-экономического состояния, а также взаимодействия с другими отраслевыми производствами и показателями окружающей среды. Получены результаты эффективности реализации комплекса методов и средств поддержки управленческих решений, реализация которых обеспечила достижение экологических стандартов предприятий на уровне НДТ и НДС при соответствующем эколого-технологическом обосновании.

При выполнении прогнозов развития отраслей на среднесрочный и долгосрочный периоды, экономический эффект от внедрения высокоэкологических мероприятий увеличивается от 1,5 до 3-3,5 раз за счет обработки крупномасштабных карт с применением компьютерного моделирования на основе бассейновых баз данных и банков знаний, ориентированных на разработку СКИОВО и НДС.

Применение разработанного комплекса программно-информационного и моделирующего обеспечения для формирования геоинформационных проектов по экологическому нормированию техногенной нагрузки предприятий радиоэлектроники и приборостроения позволило обосновать уменьшение массы загрязняющих веществ на 15-35% в зависимости от набора показателей и интегральной массы сброса сточных вод РПП.

Внедрение разработанных в ходе диссертационного исследования методов и средств позволяет создавать крупные ГИС проекты на межотраслевой основе с

переходом на регионально-бассейновые взаимоотношения и квотировать техногенную нагрузку с уменьшением затрат на разработку проектов на 20-25% в зависимости от структуры мероприятий и перечня показателей.

Результаты научной работы позволяют повысить эффективность и надежность нормативного, информационного, научно-методического и предпроектного обоснования уровня экологичности отдельных водопользователей с техническими средствами принятия комплексных водоохранных решений на бассейновом уровне и минимизировать затраты на технико-экономическое обоснование СКИОВО по действующим методическим указаниям на 14-28% за счет применения имитационного моделирования и современных геоинформационных моделей. Предложенные методы и средства могут быть применимы при разработке рабочей документации.

5.3 Выводы по пятой главе

1. Оценка эффективности водопользования ТППК позволяет получить информацию об эффективности социально-экономического использования водных ресурсов субъектов ТППК на регионально-бассейновом, отраслевом, межотраслевом и межрегиональном уровнях, используемую при принятии решений и обеспечения реализации водоохранных мероприятий в рамках поставленных задач.
2. Для обеспечения устойчивого развития и функционирования водных экосистем ТППК необходимо учитывать экологический сток от всех субъектов территориального природно-производственного комплекса и нормативов допустимого изъятия водных ресурсов.
3. Проведена оценка эколого-технико-экономической целесообразности внедрения НДТ по очистке стоков РПП. Применение обоснованных наилучших доступных технологий на предприятиях радиоэлектроники и приборостроения в рамках предложенной новой системы экологического управления межотраслевыми взаимоотношениями субъектов ТППК при

соответствующем эколого-технологическом обосновании НДС позволяет сократить экологические издержки отдельного предприятия за счет снижения размера платежей за НВОС.

4. Применение современных геоинформационных технологий при эколого-технико-экономическом обосновании целесообразности водоохранных мероприятий при разработке проектов НДВ и СКИОВО на основе информационно-алгоритмического обеспечения имитационного моделирования бассейновых ТППК с интегральной оценкой допустимой нагрузки позволяет значительно повысить надежность и достоверность принимаемых решений.
5. Оценка результативности рационального водопользования отдельных предприятий радиоэлектронной промышленности и приборостроения в рамках ТППК бассейна Финского залива показала, что при соблюдении экологических стандартов на уровне НДС качество используемых технологий на уровне НДТ не обеспечивается.
6. По результатам научных исследований разработан проект «Экологическое нормирование техногенной нагрузки РПП», позволяющий устанавливать индексы интегральной нагрузки, определять степень и характеристики нагрузки предприятий радиоэлектроники и приборостроения на водные объекты ТППК.
7. Разработаны рекомендации по сокращению и квотированию массы загрязняющих веществ на водохозяйственных участках рассматриваемого бассейна рек для отдельных РПП в рамках ТППК с целью дальнейшего устойчивого экологически безопасного развития РПП с учетом их технико-экономического состояния, а также взаимодействия с другими отраслевыми производствами и показателями окружающей среды.
8. Получены результаты эффективности реализации комплекса методов и средств поддержки управленческих решений, реализация которых

обеспечила достижение экологических стандартов предприятий на уровне НДТ и НДС при соответствующем эколого-технологическом обосновании.

9. При выполнении прогнозов развития отраслей на среднесрочный и долгосрочный периоды, экономический эффект от внедрения высокоэкологичных мероприятий увеличивается от 1,5 до 3-3,5 раз за счет обработки крупномасштабных карт с применением компьютерного моделирования на основе бассейновых баз данных и банков знаний, ориентированных на разработку СКИОВО и НДС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные, обобщенные и обоснованные научные результаты, представленные в выводах по главам данной диссертации, дают возможность сформулировать общий итог данного исследования, обобщив промежуточные выводы. Исследования, проведенные в ходе диссертационной работы, позволяют прийти к следующим общим выводам и практическим рекомендациям:

1. Комплексные научные результаты, полученные в данном диссертационном исследовании, составляют научно-методическую базу и организационно-технологический инструментарий обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств в рамках территориальных природно-производственных комплексов.
2. Разработанные методология и инструментарий обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств позволили обеспечить решение научно-технической проблемы гармонизации развития радиоэлектронных и приборостроительных производств с минимальной природоёмкостью, на основе наилучших доступных технологий, во взаимосвязи с экологической техноёмкостью территории, позволяющим соизмерить производственный и природный потенциалы с полноценной ноосферной совместимостью между системами биосферы, экосферы и техносферы, на базе применения современных геоинформационных технологий, создаваемых баз данных и баз информосферных знаний.
3. Повышение конкурентоспособности отечественных РПП путем обеспечения их экологичности может быть гарантировано, если при разработке программ повышения экологической эффективности и планов водоохранных мероприятий будут использованы:
 - научно-методическая концепция обеспечения экологичности РПП на основе эколого-технологической и территориальной природно-климатической

дифференциации, и межотраслевого бассейнового синтеза путей ее реализации;

- метод гармонизации технологических и экологических нормативов для предприятий радиоэлектроники и приборостроения на геоинформационной основе с применением объединенной базы данных территориального природно-производственного комплекса;
- инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в ТППК на уровне основного производства, очистных сооружений и процессов жизненного цикла производства;
- методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического управления ТППК с применением программного обеспечения *ArcView GIS* и программного продукта «ГИС-ТППК»;
- метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с учетом их уровня экологичности и достижения заданных экологических показателей природной системы с применением геоинформационной онлайн-системы;
- информационно-алгоритмическое обеспечение нормирования нагрузки от РПП в едином пространственном природно-производственном комплексе;
- метод формирования внутриотраслевых региональных взаимоотношений всех водопользователей ТППК.

4. Предположение о достоверности научных результатов является результатом следующих принципиальных возможностей:

а) возможностью повышения эффективности и надежности нормативного, информационного, научно-методического и предпроектного обоснования уровня экологичности отдельных водопользователей ТППК с техническими средствами принятия комплексных водоохранных решений на бассейновом уровне и минимизации затрат на технико-экономическое обоснование

СКИОВО за счет применения имитационного моделирования и современных геоинформационных моделей;

б) возможностью перехода предприятий радиоэлектроники и приборостроения на новый уровень внутриотраслевых и межотраслевых региональных (бассейновых) взаимоотношений водопользователей по уровню квотирования в соответствии с действующим природоохранным законодательством;

в) возможность перехода предприятий радиоэлектроники и приборостроения на новый уровень принятия решений по оптимизации водохозяйственной деятельности в масштабах территориальных природно-производственных комплексов за счет автоматизации сбора, обработки и предоставления данных.

5. Сводный обобщенный характер полученных в ходе диссертационного исследования научных результатов, сформулированных выводов и разработанных рекомендаций, позволяет их использовать для:

– создания крупных ГИС проекты на межотраслевой основе с переходом на регионально-бассейновые взаимоотношения и квотирования техногенной нагрузки с уменьшением затрат на разработку проектов в зависимости от структуры мероприятий и перечня показателей;

– прогнозирования развития отраслей и секторов экономики на среднесрочный и долгосрочный периоды за счет обработки крупномасштабных карт с применением компьютерного моделирования на основе бассейновых баз данных и банков знаний, ориентированных на разработку СКИОВО и НДС;

– обоснования инвестиций на высокоэкологичные водоохранные мероприятия по благоустройству и улучшения качества водных ресурсов и реализацию проектов СКИОВО.

6. Опираясь на вышесказанное, можно сделать заключение о том, что представленные к защите результаты научных исследований являются

новыми, обоснованными, имеют теоретическую значимость и практическую ценность. Они могут быть квалифицированы как совокупность технических и технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны.

Таким образом, в диссертационной работе получено семь научных результатов (положений, выносимых на защиту). Эти результаты соответствуют формуле специальности 05.02.22 – «Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение)» и основным областям исследования этой специальности.

Перспективными направлениями дальнейших исследований в области обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств, являются:

1. Разработка ГИС-проекта по стратегическому планированию развития РПП, базирующегося на многокритериальных методах принятия решений и сценарном подходе учета неопределенности.
2. Создание ГИС ориентированной информационно-аналитической системы повышения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств.
3. Создание банка данных, объединяющего подсистемы разного пространственного, временного и функционального характера в единую структуру ТППК для развития высокоэкологичных и конкурентоспособных РПП.

Список сокращений и условных обозначений

ВХК	– водохозяйственный комплекс
ВХУ	– водохозяйственный участок
ГИС	– геоинформационная система
ГИМС	– геоинформационная моделирующая система
ИЗВ	– индекс загрязненности воды
ИМ	– имитационное моделирование
ИИН	– индексы интегральной нагрузки
ИТС	– информационно-технический справочник
ИУВР	– интегрированное управление водными ресурсами
КДПиПВ	– конвективно-диффузионный перенос и превращение веществ
КЭР	– комплексное экологическое разрешение
НВОС	– негативное воздействие на окружающую среду
НДВ	– норматив допустимого воздействия
НДС	– норматив допустимого сброса
НДТ	– наилучшая доступная технология
ОЖЦ	– оценка жизненного цикла
ОС	– окружающая среда
ООС	– охрана окружающей среды
ПБДЭ	– полиброминированные дифениловые эфиры
ПВХ	– поливинилхлориды
ПДК	– предельно допустимая концентрация
РВП	– расчетный водохозяйственный подучасток
РПП	– радиоэлектронные и приборостроительные производства
СВС	– сложная водохозяйственная система
СКИОВО	– схема комплексного использования и охраны водных объектов
ТППК	– территориальный природно-производственный комплекс

Словарь терминов

1. **Алгоритм** (*algorithm*) - формальная процедура, гарантирующая получение оптимального или корректного решения.
1. **Аналит** (*analyte*) - компонент, искомый или определяемый в пробе вещества или материала объекта аналитического контроля.
2. **Аналит-маркер** (*analyte marker*) – аналит, обеспечивающий характеристику определенного типа негативного воздействия на компоненты природной среды в виде результата количественного анализа.
3. **Антропогенная нагрузка, А.н.** (*anthropogenic stress*) - степень воздействия человека, его деятельности на природу. А.н. включает использование ресурсов популяций видов, входящих в экосистемы (охота, рыбная ловля, заготовка лекарственных растений, рубка деревьев), выпас скота, рекреационное воздействие, загрязнение (сброс в водоемы промышленных, бытовых и сельскохозяйственных стоков, выпадение из атмосферы взвешенных твердых веществ или кислотных дождей) и др.
4. **База данных** (*data base*) - совокупность данных, организованных по определенным правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными.
5. **База знаний, БЗ** (*knowledge base*) - 1. Часть системы, основанной на знаниях, или экспертной системы, содержащая экспертные знания. 2. Совокупность знаний о некоторой предметной области, на основе которых можно проводить рассуждения. Основная часть экспертных систем, в которых с помощью БЗ представляются навыки и опыт экспертов, разрабатывающих эвристические подходы в ходе решения проблем. Обычно БЗ представляет собой набор фактов и правил, формализующих опыт специалистов в конкретной предметной области и позволяющих на вопросы о ней давать ответы, которые в явном виде не содержатся в БЗ.

6. **Банк данных**, БНД (*databank, data bank*) –система централизованного или распределенного хранения и коллективного использования данных, которая представляет собой взаимосвязанную совокупность баз данных, СУБД и комплекс прикладных программ.
7. **Биосфера** (*biosphere*) - совокупность всего живого на Земле, включающая литосферу, гидросферу и тропосферу.
8. **Водный объект** (*water body*) - сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа либо в недрах, имеющее границы, объем и черты водного режима.
9. **Водные ресурсы** (*water resource*) - пригодные для использования в народном хозяйстве запасы поверхностных (рек, озер, каналов, водохранилищ, морей, океанов) и подземных вод.
10. **Водопользование** (*water use*) - 1. пользование природными запасами воды, находящимися в реках, озерах, морях, водохранилищах и других поверхностных и подземных водных объектах в пределах государственных границ; 2. юридически обусловленная деятельность граждан и юридических лиц, связанная с использованием водных объектов.
11. **Водопользователь** (*water user*) - гражданин или юридическое лицо, которому предоставлены права пользования водными объектами.
12. **Водопотребление** (*water consumption*) - использование водных ресурсов для нужд промышленности, коммунального и сельского хозяйства.
13. **Водохозяйственный баланс** (*water economy balance*) - количественное соотношение между водными ресурсами и потребностями воды в пределах какого-либо экономического района или физико-географического региона за определенный период с учетом хозяйств, деятельности человека. Водохозяйственный баланс обычно составляют для условий среднего по водности и маловодного (обеспеченностью до 95%) года.

14. **Водохозяйственный комплекс** (*water industry*) - совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы одного или нескольких водных бассейнов.
15. **Геоинформационная система (ГИС)** (*geoinformation system*) 1. средство визуализации пространственной информации и представления ее в динамическом режиме; 2. система для сбора, хранения, анализа и представления картографической информации.
16. **Гидросфера** (*hydrosphere*) - совокупность вод морей, океанов, континентальных водоёмов, рек, подземных источников, болот и ледяных покровов Земли.
17. **Данные** (*datum, pl. data*) –зарегистрированная информация, представленная в электронном виде, пригодном для обработки автоматическими средствами при возможном участии человека.
18. **Информация** (*information*) – 1. совокупность знаний о фактических данных и зависимостях между ними; «сведения, являющиеся объектом некоторых операций; передачи, распределения, преобразования, хранения или непосредственного использования», данные, релевантные пользователю; 2. в вычислительной технике: содержание, присваиваемое данным посредством соглашений, распространяющихся на эти данные; данные, подлежащие вводу в компьютер, обрабатываемые пользователю. Законы, методы и способы накопления, обработки и передачи информации с помощью компьютеров и иных технических устройств, изучаются информатикой (*informatics, computer science*).
19. **Информационное обеспечение** (*information support*) – совокупность массивов информации (баз данных, банков данных и иных структурированных наборов данных), систем кодирования, классификации и соответствующей документации, обслуживающая систему обработки данных (наряду с программным и аппаратным обеспечением).

20. **Имитационное моделирование** (*simulation modelling*) - имитация внешних проявлений поведения объекта (процесса) посредством имитационных моделей.
21. **Имитационная модель** (*simulation model*) - математическая модель и реализующее ее программное обеспечение, описывающие поведение сложной системы во времени, как функцию от ее текущего состояния, управляющих воздействий и помех.
22. **Качество воды** (*water quality*) - характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.
23. **Комплексное экологическое разрешение** - документ, который выдается уполномоченным федеральным органом исполнительной власти юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю, осуществляющим хозяйственную и/или иную деятельность на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду, и содержит обязательные для выполнения требования в области охраны окружающей среды.
24. **Лимиты водопользования** (*limits of water supply*) - предельно допустимые объемы изъятия водных ресурсов или сброса сточных вод нормативного качества, которые устанавливаются водопользователю на определенный срок.
25. **Моделирование** (*modelling*) - метод исследований или практической деятельности, заключающийся в использовании вместо некоторого фрагмента предметной области (оригинала) замещающей его модели.
26. **Моделирование математическое** (*mathematical modelling*) - метод исследования объектов, процессов и явлений, имеющих различное физическое содержание, но описываемых математическими соотношениями.
27. **Модель математическая** (*mathematical model*) - система математических зависимостей и логических правил, позволяющих определить необходимые

характеристики исследуемого (воспроизводимого) явления (процесса). М.м. могут основываться на различных методах вычисления, например, аналитические, вероятностные (статистические), имитационные модели.

28. **Модель вероятностная** (*stochastic model*) - математическая модель, основанная на методах теории вероятности и математической статистики.
29. **Нагрузка техногенная** (*technogenic stress*) - степень прямого и косвенного воздействия человека и его деятельности на природные комплексы и отдельные компоненты природной среды.
30. **Ноосфера** (*noosphere*) - новое состояние биосферы, связанное с разумной деятельностью человека — решающим фактором её развития; всё, созданное человеческим разумом, в отличие от природного, первозданного.
31. **Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду** - нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды.
32. **Нормативы качества окружающей среды** – критерии оценки состояния окружающей среды в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека, рационального использования природных ресурсов, сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов.
33. **Объект** (*object*) – 1. определенная часть реальной действительности (предмет, процесс, явление); 2. совокупность точек пространства, объединенных функциональной общностью с точки зрения конкретной цели.
34. **Оценивание свойства** (*property estimation*) - определение значения характеристики.
35. **Оценка** (*assessment, estimation*) - результат оценивания. При этом, **Измерение** (*measurement*) - определение значения количественной

характеристики, основанное на поиске значения физической величины опытным путем с помощью технических средств.

36. Оценка воздействия на окружающую среду, ОВОС - 1) функция экологического управления; 2) стадия принятия экологически ориентированного управленческого решения о реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности посредством определения возможных неблагоприятных воздействий, оценки экологических последствий, учета общественного мнения, разработки мер по уменьшению и предотвращению воздействий; цель ОВОС - предотвращение или смягчение воздействия названной деятельности на окружающую среду и связанных с ней социальных, экономических и иных последствий; результатом ОВОС являются: информация о характере и масштабах воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности, альтернативах ее реализации, оценке экологических и связанных с ними социально-экономических и иных последствий этого воздействия и их значимости, возможности минимизации воздействий; выявление и учет общественных предпочтений при принятии заказчиком решений, касающихся намечаемой деятельности; решения заказчика по определению альтернативных вариантов реализации намечаемой деятельности (в том числе о месте размещения объекта, о выборе технологий и иные) или отказа от нее с учетом результатов проведенной ОВОС.

37. Оценка жизненного цикла (*life cycle assessment*) - метод оценивания экологических аспектов и потенциальных воздействий, связанных с продукцией, путем: проведения инвентаризации соответствующих входных и выходных потоков системы производства и эксплуатации продукции; оценивания потенциальных воздействий на окружающую среду, связанных с этими потоками; интерпретации результатов по фазам воздействия относительно целей исследования.

38. **Предельно допустимая концентрация, ПДК** - максимальное количество вредного вещества в окружающей среде (в единице объема или массы), которое при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не вызывает каких-либо болезненных изменений в организме человека. Является гигиеническим критерием при оценке санитарного состояния окружающей среды (атмосфера воздуха, водоемов, почвы и т.д.). Устанавливается законодательно для каждого вредного вещества.
39. **Программное обеспечение (*software*)**, математическое обеспечение, программные средства – совокупность программ системы обработки информации и программных документов, необходимых при эксплуатации этих программ; различают общее, в том числе системное программное обеспечение (*system software*), и прикладное программное обеспечение (*application software*).
40. **Производственная система (*production system*)** - Совокупность технологических систем и систем обеспечения их функционирования (технического обслуживания и ремонта, метрологического обеспечения и т.п.), предназначенная для изготовления продукции определенного наименования (вида). **Технологическая система (*technological system*)** - совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций
41. **Результат (эффект) (*result*)** - конечный итог операции, в том числе все ее последствия. **Целевой эффект (*target result*)** - результат, ради которого проводится операция.
42. **Ресурсосбережение (*resource conservation*)** - организационная, экономическая, техническая, научная, практическая и информационная деятельность, в том числе методы, процессы, комплекс организационно-технических мер и мероприятий, сопровождающих все стадии жизненного

цикла объектов и направленных на рациональное использование и экономное расходование ресурсов.

43. **Ресурсы** (*resources*) – 1. силы и средства, которые используются для проведения операции; 2. Источник ценностей, запасов, возможностей, средств и доходов для жизни и деятельности людей, в числе которых важнейшее место занимают природные ресурсы.
44. **Система визуализации** (*visual system*) - система имитации визуальной обстановки, комплекс программных и аппаратных средств для моделирования объектов и явлений, которые могут наблюдаться визуально в реальных условиях, и представления моделируемой информации в реальном масштабе времени и в форме, удобной для зрительного восприятия.
45. **Территориальный природно-производственный комплекс** - совокупность предприятий (сельскохозяйственных, промышленных и коммунальных), расположенных в пределах одного речного бассейна (региона), в рамках которого должны быть обеспечены нормативы качества окружающей среды.
46. **Техносфера** (*technosphere*) - часть биосферы, преобразуемая с помощью технических средств в социально-экономических целях. При этом, **Информосфера** – высший уровень техносферы, продукт ментальной деятельности разумного человеческого сообщества.
47. **Трансграничный бассейн** (*transboundary water basin*) - бассейн реки или озера, или система водоносных горизонтов, которые обозначают границы, пересекают их или расположены на границах между двумя или более государствами. **Бассейн** - площадь поверхностных водосборных бассейнов (реки или озера) или, в случае подземных вод, площадь водоносного горизонта, то есть всю площадь проницаемой водоносной геологической формации. **Площадь** трансграничного бассейна - протяженность

водосборной площади (река или озеро) или протяженность водоносного горизонта (подземные воды).

48. **Экологический риск** (*environmental risk*) - вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для жизнедеятельности человека, животных, растений и других живых организмов, вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности на окружающую природную среду.
49. **Экологическая экспертиза, Э.э** (*ecological examination/expertise*) - установление соответствия предполагаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта Э.э. в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую природную среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий реализации объекта Э.э.
50. **Экологическая эффективность** (*environmental efficiency*) - связь между достигнутым экологическим результатом и использованными ресурсами.
51. **Экологический аудит** (*environmental audit*) - независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности.
52. **Экологическое управление, Э.у.** (*environmental management*) - (в широком значении) деятельность государственных органов исполнительной власти, органов местного самоуправления, граждан и их объединений по упорядочению (организации) охраны окружающей природной среды, использования природных ресурсов, обеспечения экологической безопасности человека и других объектов (общество, государство),

осуществляемая на основе законодательства, в соответствии с поставленными целями и задачами; (в узком значении) указанная деятельность по упорядочению (организации) только охраны окружающей природной среды; различают государственное Э.у., общественное Э.у. производственное Э.у., муниципальное Э.у., ведомственное Э.у. (см. также Управление окружающей средой).

53. **Экологический сток** (*environmental flow*) - часть естественного стока, которая должна оставаться в реке в результате безвозвратного изъятия водных ресурсов или регулирования водного режима ниже по течению от места воздействия на реку для обеспечения устойчивых условий развития и функционирования пресноводной экосистемы.
54. **Экологичность** (*environmental friendliness*) - качество чего-либо, отражающее его способность не наносить вреда окружающей природной среде.
55. **Экологичность производства** (*ecological properties of manufacture*) - совокупность свойств производственных технологических процессов удовлетворять требованиям экологической безопасности с целью уменьшения техногенного влияния производства на окружающую среду.
56. **Экосфера** (*ecosphere*) - экологическая сфера - биологическая система, включающая живые организмы и окружающую их среду как единое целое.
57. **Эксперт** (*domain expert*) - человек, который за годы обучения и практики научился чрезвычайно эффективно решать задачи, относящиеся к конкретной предметной области.
58. **Эффективность** (*efficiency*) - сложное свойство операции, характеризующее ее приспособленность к достижению цели, ради которой операция осуществляется.

Список литературы

1. Акимова, Т.А. Теоретические основы организации эколого-экономических систем [Текст] / Т.А. Акимова // Экономика природопользования. - 2003. №4. – С. 28-36.
2. Алексеева, А.Г. Управление водными ресурсами в Российской Федерации [Текст] // Строительство уникальных зданий и сооружений. - 2015. № 4 (31). - С. 10-44.
3. Алексеев, В.В. Информационные измерительные системы. Комплексная оценка состояния объектов окружающей природной среды на основе ГИС-технологий [Текст] // Вестник образования и развития науки российской академии естественных наук. - 2001. № 5 (3). - С. 230-240.
4. Алексеев, В.В. ИИС контроля состояния природных объектов на основе геоинформационных технологий. Формирование нормированных шкал для простых, сложных и комплексных оценок [Текст] / В.В. Алексеев, Н.В. Орлова, О.А. Иващенко // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. № 8. - С. 77-84.
5. Антонов, И.В. Нормирование сброса сточных вод при производстве целлюлозы и продуктов ее переработки с применением ГИС технологий. [Текст] / И.В. Антонов, А.И. Шишкин, А.В. Епифанов // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2012. №1. - С. 66-74.
6. Антохина, Ю.А. Экологическое управление территориальными арктическими природно-техническими комплексами на основе геоинформационных технологий [Текст] / Ю.А. Антохина, Н.А. Жильникова, Е.Г. Семенова - СПб.: ГУАП, 2017. - 273 с.
7. Арефьев, Н.В. Основы формирования природно-аграрных систем. Теория и практика. [Текст] / Н.В. Арефьев - СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2011. – 533 с.
8. Бескид, П.П. Геоинформационные системы и технологии. [Текст] / П.П. Бескид, Н.И. Куракина, Н.В. Орлова - СПб: РГГМУ, 2010. - 173 с.

9. Бикеева, М.В. Влияние хозяйственной деятельности на состояние окружающей среды. [Текст] / М.В. Бикеева // Менеджмент в России и за рубежом. – 2011. №4. - С. 62-68.
10. Бильчак, В.С. Формирование устойчивого развития предприятия региона: механизмы, методы, управление (эколого-экономический аспект): монография. [Текст] / В.С. Бильчак, А.И. Бородин - Калининград: РГУ им.И.Канта, 2009. – 185 с.
11. Бородин, А.И. Эколого-экономическое управление предприятием: монография. [Текст] / А.И. Бородин - М.: ТЕИС, 2006. – 332 с.
12. Боровиков, В.П. Искусство анализа данных на компьютере. [Текст] / М.П. Боровиков, И.П. Боровиков. - СПб.: Питер, 2001. - 656 с.
13. Воробьев, О.Г. Термодинамический анализ риска в геотехнических системах. [Текст] / О.Г. Воробьев // Региональная экология. – 2003. № 3-4. – С.51-54.
14. Водный кодекс РФ. [Текст]. - Сборник законодательства РФ. 2006. №23. – 50 с.
15. Волков, И.В. О принципах регламентирования антропогенной нагрузки на водные экосистемы. [Текст] / И.В. Волков, И.Н. Заличева, В.С. Ганина и др. // Водные ресурсы. - 1993. Т. 20. - С. 707-713.
16. Вольский, О.М. Технологическое нормирование на базе наилучших существующих технологий как основа для эффективного регулирования нагрузки на окружающую среду. [Текст] / О.М. Вольский. – Санкт-Петербург, Сборник трудов международной научно-практической конференции: Ресурсо- и энергосбережение в целлюлозно-бумажной промышленности и городском коммунальном хозяйстве, 2005. – С. 75-83.
17. Воруничев, Д. С. Экологическое состояние в радиоэлектронной отрасли [Текст] / Д.С. Воруничев, Д.И. Давлетчин. – Тула, Доклады VII Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы экологии», 2011. – С. 123-126.

18. Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. [Электронный ресурс]. - 2015.
 - a. (http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R)
19. Гермер, Э.И. О новой системе экологического нормирования технологических процессов ЦБП. [Текст] / Э.И. Гермер. – Санкт-Петербург, Сборник трудов международной научно-практической конференции: Ресурсо- и энергосбережение в целлюлозно-бумажной промышленности и городском коммунальном хозяйстве, 2005. – С. 191-196.
20. Горстко, А.Б. Модели управления эколого-экономическими системами. [Текст] / А.Б. Горстко, Д.А. Домбровский, Ф.А. Сурков - М.: Наука, 1984. - 119 с.
21. ГОСТ ИЕС 62321-1-2016 «Определение регламентированных веществ в электротехнических изделиях. Часть 1. Введение и обзор». [Текст] – БелГИСС, 2016. – 11 с.
22. ГОСТ Р ИСО 14040-2010 «Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура». [Текст] - М.: Стандартиформ. 2010. – 25 с.
23. ГОСТ Р ИСО 14045-2014 «Экологический менеджмент. Оценка экологической эффективности производственных систем. Принципы, требования и руководящие указания». [Текст] - М.: Стандартиформ. 2015. – 39 с.
24. ГОСТ Р ИСО 14031-2016 «Экологический менеджмент. Оценка экологической эффективности. Руководство по оценке экологической эффективности». [Текст] - М.: Стандартиформ. 2017. – 36 с.
25. ГОСТ Р ИСО 14051-2014 «Экологический менеджмент. Учет затрат на материальные потоки. Общие принципы». [Текст] - М.: Стандартиформ. 2015. – 73 с.
26. ГОСТ 17.1.1.01-77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения». [Электронный ресурс].
 - a. (<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294851/4294851988.pdf>)

27. ГОСТ Р 14.13-2007. «Экологический менеджмент. Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического контроля». [Текст]. – М.: Стандартинформ. 2008. – 24 с.
28. ГОСТ Р 58557-2019. Обоснование эколого-экономической целесообразности внедрения водоохранных мероприятий. [Текст] - М.: Стандартинформ. 2019. – 20 с.
29. ГОСТ Р 57075-2016 Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности. [Текст] - М.: Стандартинформ. 2016. – 20 с.
30. ГОСТ 57074-2016 Оценка эффективности водоохранной деятельности. [Текст] - М.: Стандартинформ. 2016. – 23 с.
31. Давлетчин, Д.И. Экологическая безопасность в радиоэлектронной промышленности. [Текст] / Д.И. Давлетчин // Нелинейный мир. - 2016. Т. 14. № 6. - С. 55–59.
32. Данилов-Данильян, В.И. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. [Текст] / В.И. Данилов-Данильян, И.Л. Хранович - М.: Научный мир, 2010. - 232 с.
33. Директива 2008/105/ЕС Европейского парламента и совета от 16 декабря 2008 г. «О природоохранных стандартах качества в области водной политики». [Электронный ресурс]. <http://ecas.europa.eu>.
34. Дмитриев, В.В. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. [Текст] / В.В. Дмитриев, Г.Т. Фрумин - СПб: НАУКА, 2004. - 294 с.
35. Донченко, В.К. Актуальные проблемы изучения техногенного загрязнения окружающей среды. [Текст] / В.К. Донченко // Научно-информационный бюллетень Экологическая безопасность: методологические проблемы экологической безопасности. - 2007. №1-2. - С. 4-24.

36. Дружинин, Н.И. Математическое моделирование и прогнозирование загрязнения поверхностных вод суши. [Текст] / Н.И. Дружинин, А.И. Шишкин – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 390 с.
37. Епифанов, А.В. Геоинформационная моделирующая система нормирования допустимых сбросов для целлюлозно-бумажных комплексов. [Текст] / А.В. Епифанов, А.И. Шишкин, И.В. Антонов // Водное хозяйство России. - 2011. № 1. С. 66–80.
38. Епифанов, А. В. Нормирование сброса сточных вод при производстве целлюлозы и продуктов ее переработки с применением ГИС технологий. [Текст] / А.В. Епифанов, А.И. Шишкин, И.В. Антонов // Целлюлоза. Бумага. Картон. - 2012. № 1. -С. 66–73.
39. Жильникова, Н.А. Эколого-технологическое нормирование нагрузки на окружающую среду на предприятиях радиоэлектроники [Текст] / Н.А. Жильникова // Радиопромышленность. - 2014. № 2. - С. 112–118.
40. Жильникова, Н.А., Управление промышленно-территориальным комплексом радиоэлектронной промышленности по эколого-технологическим показателям. [Текст] / Н.А. Жильникова, И.А. Шишкин, И.В. Антонов // Вопросы радиоэлектроники. - 2016. № 6. - С. 47–52.
41. Жильникова, Н.А. Алгоритм управления перераспределением техногенной нагрузки для территориальных природно-технических комплексов на основе геоинформационных систем. [Текст] / Н.А. Жильникова, А.И. Шишкин, А.В. Епифанов, М.А. Епифанова // Информационно-управляющие системы. - 2017. № 1. - С. 93–101.
42. Жильникова, Н.А. Гармонизация технологических и экологических нормативов для радиоэлектронных производственных систем с применением геоинформационных технологий. [Текст] / Н.А. Жильникова, И.А. Шишкин // Вопросы радиоэлектроники. - 2019. № 7. - С. 77-81.
43. Жильникова, Н.А. Концепция повышения экологичности производственных систем в рамках территориальных природно-производственных комплексов.

- [Текст] / Н.А. Жильникова // Наука и бизнес: пути развития. - 2019. № 11 (101). - С. 32-35.
44. Жильникова, Н.А. Методология обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств в рамках территориальных природно-производственных комплексов. [Текст] / Н.А. Жильникова // Радиопромышленность. 2020. Т. 30, № 1. - С. 54-62.
45. Жильникова, Н.А. Имитационная геоинформационная моделирующая система нормирования техногенной нагрузки / Н.А. Жильникова // Сб. материалов Международного форума «Метрологическое обеспечение инновационных технологий». Санкт-Петербург. СПб.: ГУАП. 2020. - С. 274.
46. Жуков, К.Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. [Текст] - М.: ДМК Пресс, 2011. - 688 с.
47. Зиберов, В.Е. О технологическом нормировании воздействия на окружающую среду. [Текст] / В.Е. Зиберов // Экология производства. – 2009. №4. - С 76-83.
48. Знаменский, В.А. Оптимальная схема расчета допустимой нагрузки на бассейн реки [Текст] / В.А. Знаменский // Программные системы: теория и приложения. - 2011. № 3 (7). - С. 29-40.
49. ИТС 8-2015. «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях». [Текст] – М.: Бюро НДТ, 2015. – 129 с.
50. ИТС 36-2017. «Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов». [Текст] – М. Бюро НДТ, 2017. – 238 с.
51. ИТС 22.1-2016 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения». [Текст] – М.: Бюро НДТ, 2016. – 541 с.
52. Киселева, Н.Н. Устойчивое развитие социально-экономической системы региона: методология исследования, модели, управление: монография. [Текст] / Н.Н. Киселева - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. – 288 с.

53. Когановский, А.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. [Текст]. / А.М. Когановский, Н.А. Клименко и др. - М.: Химия, 1983 г. - 288 с.
54. Конвенция по защите природной морской среды района Балтийского моря (Хельсинская конвенция): одобрена Постановлением Правительства РФ от 15.10.1998 №1202. [Электронный ресурс]. (<http://www.bellona.ru/Casefiles/baltic92>)
55. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер: принята Постановлением Правительства РФ от 13.04.1993 №331. [Электронный ресурс].
 - a. http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/waterconr.pdf.
56. Краев, Д.А. Экологический мониторинг и использование Web-ГИС технологий. [Текст] // ОНВ. - 2012. № 2 (114). - С. 196–199.
57. Крапивин, В.Ф. ГИМС-технология и обработка изображений. [Текст] / Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2005. № 5. - С. 13-18.
58. Кондратьев, С.А. Водные объекты Санкт-Петербурга. [Текст] / Под ред. С.А. Кондратьева, Г.Т. Фрумина. - СПб.: Символ, 2002. - 348 с.
59. Кручинина, Н.В. Совершенствование экономических инструментов управления охраной окружающей среды и природопользованием в условиях перехода к устойчивому развитию. [Текст] / Н.В. Кручинина // Менеджмент в России и за рубежом. – 2010. №6. - С. 54-59.
60. Кулаичев, А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. [Текст] / А.П. Кулаичев - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. - 512 с.
61. Кушнеров, А.И. Методика оценки химической нагрузки от водопользователей на речной бассейн. [Текст] / А.И. Кушнеров, А.И. Шишкин – Санкт-Петербург, Сборник материалов XX Международного и Межрегионального Биос-форума: СПБНЦ РАН, ВВМ; СПб.: Любавич, 2015. - С.161-164.

62. Международная стандартная отраслевая классификация всех видов экономической деятельности (МСОК). Пересмотренный вариант 3.1. [Текст] - Организация Объединенных Наций, Нью-Йорк, 2005. – 260 с.
63. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. [Текст] // Утв. приказом МПР РФ от 17 декабря 2007 г. № 333, 2007. – 115 с.
64. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод. [Текст] / под ред. А.В. Караушева - Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 175 с.
65. Методика гидрографического районирования территории Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Утверждена Приказом МПР РФ от 25 апреля 2007 г. №112. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
66. Методика водохозяйственного районирования территории Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Утверждена Приказом МПР РФ от 25 апреля 2007 г. №111. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
67. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства. [Электронный ресурс]. Утверждена Приказом МПР от 13.04.2009 №87. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
68. Мосур, Л.А. Экологическое нормирование технологий как элемент управления нормативами качества водного объекта. [Текст] / Л.А. Мосур, А.И. Шишкин // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2004. №6. – С. 78-81.
69. Наилучшие достигнутые технологии и комплексные экологические разрешения: перспектива применения в России. [Текст] / Под ред. М.В. Бегака. - М.: ООО «Юринфор-Пресс», 2010. - 220 с.
70. Наилучшие доступные технологии. Применение в различных отраслях промышленности. Сборник статей 7. [Текст] - М.: Издательство «Перо», 2017. - 176 с.

71. Оксиюк, О.П. Инженерная гидробиология: содержание, определение, задачи. [Текст] / О.П. Оксиюк, В.Н. Жукинский, Т.А. Харченко, А.А. Протасов // Гидробиол. журн. - 1987. Т.23, №6. - С.38-43.
72. Постановление Правительства РФ от 23.12.2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям». [Электронный ресурс]. Доступ справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
73. Постановление Правительства РФ от 28.09.2015 N 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий». [Электронный ресурс].
- а. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_186693.
74. Постановление Правительства РФ от 6 июня 2013 г. N 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды». [Электронный ресурс].
- а. (<http://base.garant.ru/70393142/#ixzz4wMbZnHsV>)
75. Постановление Правительства РФ от 13.02.2019 № 143 «О порядке выдачи комплексных экологических разрешений, их переоформления, пересмотра, внесения в них изменений, а также отзыва». [Электронный ресурс]. Доступ справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
76. Приказ МПР РФ от 04.07.2007 N 169 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов». [Электронный ресурс].
- а. (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_70468)
77. Петина, М. А. Использование геоинформационных технологий в системах поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами (на примере Белгородской области). [Текст] / М.А. Петина // Научные ведомости БелГУ. Серия «Естественные науки». - 2010. № 21 (92). - С. 150–156.

78. Передня, Т.В. Проблемы нормирования качества сточных вод в свете реформы природоохранного и водного законодательства. [Текст] / Т.В. Передня, Т.И. Лысова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. №7, ч. 2. - С. 25-28.
79. Передня, Т.В. Совершенствование системы нормирования как основа водоохранной деятельности организаций ВКХ и их абонентов. [Текст] / Т.В. Передня, Т.И. Лысова // Водоснабжение и санитарная техника. - 2002. № 10. - С. 30-32.
80. Положение об осуществлении государственного мониторинга водных объектов. [Электронный ресурс]. Утверждено Постановлением Правительства РФ от 10.04.2007 г. № 219. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
81. Пономарева, Л.С. Практика нормирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты. [Текст] / Л.С. Пономарева // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. № 6. - С. 14-22.
82. Похил, Ю.Н. Проблемы нормирования сбросов сточных вод. [Текст] / Ю.Н. Похил, Ю.Г. Багаев, В.В. Мамаев, И.В. Валуйских и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. №10. - С. 34-37.
83. Проскурин, О.А. Проблемы экологического прогнозирования при решении задачи нормирования сброса сточных вод в водные объекты. [Текст] / О.А. Проскурин // Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». Серия: Технические науки и архитектура. - 2009. №86 - С. 154-159.
84. Раниев, Г.Г. Измерительные информационные системы. [Текст] / Г.Г. Раниев - М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 336 с.
85. Распоряжение Правительства РФ от 24.12.2014 № 2674-р. «Перечень областей применения наилучших доступных технологий». [Электронный ресурс]. Доступ справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
86. Рикун, А.Д. Методы математического моделирования в оптимизации ВХС промышленных регионов. [Текст] / А.Д. Рикун - М.: Наука, 1991. - 151 с.

87. Родзиллер, И.Д. Прогноз качества воды водоемов-приемников сточных вод. [Текст] / И.Д. Родзиллер - М.: Стройиздат, 1984. - 262 с.
88. Садковский, Б.П. Современная стратегия развития информационных технологий при организации производства на предприятиях радиоэлектронной промышленности [Электронный ресурс] / Б.П. Садковский, Н.Е. Садковская, О.В. Князев // Электронный журнал «Наука, техника и образование». - 2015. № 1(1). - С. 40-50.
а. (<http://elibrary.ru/item.asp?id=24313417&>).
89. Садковская, Н.Е. Возможности повышения экологической безопасности высокотехнологических производств. [Текст] / Н.Е. Садковская // Качество науки – качество жизни. - 2012. № 2. - С. 80–81.
90. Св-во гос. рег. прогр. для ЭВМ 2009615259, Российская Федерация. REG_SOST/ Шишкин А. И., Епифанов А. В., Антонов И. В., Алексеев В. В., Куракина Н. И., Желтов Е. В; правообладатель Санкт-Петербургский гос. электротехн. ун-т. - № 2009615259; дата поступл. 07.08.2009; дата регистр. 23.09.2009.
91. Семенова, Е.Г. Системотехнический принцип повышения эффективности функционирования производственных систем. [Текст] / Е.Г. Семенова, Н.А. Жильникова, В.М. Милова // Вопросы радиоэлектроники. Радиолокационная техника (РЛТ). - 2014. № 4. - С. 125-130.
92. Серов, А. В. Базы данных и геоинформационные системы. Сферы применения моделей данных в ГИС. [Электронный ресурс] / А.В. Серов // Пространственные данные. – 2009. № 2.
а. <http://www.gisa.ru/54694.html>.
93. Сенновский, Д.В. Обоснование развития применения наилучших доступных технологий [Текст] / Д.В. Сенновский, Т.Е. Троицкий-Марков // Вопросы радиоэлектроники. - 2016. № 5. - С. 80–86.
94. Сидорова, А.Д. Загрязнение окружающей среды предприятиями – изготовителями радиоэлектронных средств (РЭС). Актуальность внедрения

- системы экологического менеджмента (СЭМ) [Текст] / А.Д. Сидорова // Молодой ученый. - 2016. №3. - С. 208–213.
95. Скобелев, Д.О. Сравнительный анализ процедур разработки, пересмотра и актуализации справочников по наилучшим доступным технологиям в Европейском союзе и Российской Федерации. [Текст] / Д.О. Скобелев, Т.В. Гусева, О.Ю. Чечеватова, А.Ю. Санжаровский, К.А. Щелчков, М.В. Бегак. – М.: Издательство «Перо», 2018. – 114 с.
96. Слепян, Э.И. Безопасность большого города. [Текст] / под. ред. Э.И. Слепян. - СПб: Изд-во Сергея Ходова, 2007. – 152 с.
97. Сборник Рекомендаций Хельсинской Комиссии: Справочно-методическое пособие. [Текст] - СПб.: Диалог, 2008. - 712 с.
98. Смирнов, М.Н. Современная концепция водопользования на предприятиях ЦБП. [Текст] / М.Н. Смирнов, Ю.Х. Локшин, А.М. Смирнов, Э.Л. Аким // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2006. №6. - С. 66-74.
99. Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) рек и озер Финского залива (от границы Российской Федерации с Финляндией до северной границы бассейна реки Нева), утвержденная приказом Департамента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Северо-Западному федеральному округу от 16.10.2015 № 340.
а. (<http://www.nord-west-water.ru/activities/ndv/fz-33515/>)
100. Технический регламент Евразийского экономического союза 037/2016 «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники». [Электронный ресурс] - Сайт Евразийского экономического союза, 2016 – 24 с.
а. (<http://www.eurasiancommission.org/>)
101. Трутнев, Ю.П. О мерах по улучшению экологической ситуации в России. [Текст] / Ю.П. Трутнев // Экология производства. - 2009. №1. - С. 3-8.
102. Тютков, О.В. Оптимизация планирования водного хозяйства промышленных районов. [Текст] / О.В. Тютков - М.: Наука, 1985. - 119 с.

103. Фальковская, Л.Н. Основы прогнозирования качества поверхностных вод. [Текст] / Л.Н. Фальковская, В.С. Каминский, Л.Л. Нааль, И.Ф. Грибовская - Акад. наук СССР, Ин-т водных проблем. М.: Наука, 1982. - С. 167-180.
104. Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. Доступ справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
105. Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды». [Текст] // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2002. №2.
106. Федеральный закон от 23.11.1995 №174-ФЗ «Об экологической экспертизе». [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
107. Федоров, М. П. Экологические основы управления природно-техническими системами. [Текст] / М.П. Федоров, Н.Е. Горбунов, А.И. Шишкин, М.Б. Шилин и др. – Изд-во Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета, 2007. – 503 с.
108. Фельзенбаум, А. И. Теоретические основы и методы расчета установившихся морских течений. [Текст] / А.И. Фельзенбаум - М.: Изд-во АН СССР, 1960. - 28 с.
109. Филенко, О.Ф. Основы водной токсикологии. [Текст] / О.Ф. Филенко, И.В. Михеева - М.: Колос, 2007. - 144 с.
110. Чусов, А.Н. Методология нормирования антропогенного воздействия на основе геоинформационной моделирующей системы. [Текст] / А.Н. Чусов, И.В. Антонов, А.И. Шишкин // Строительство уникальных зданий и сооружений. - 2014. № 3(18). - С. 25–37.
111. Шаренков, Д.В. Применение концепции «Наилучших существующих технологий» в рамках эколого-технологического нормирования. [Текст] / Д.В. Шаренков, А.И. Шишкин – Санкт-Петербург, Материалы XVI межотраслевой международной конференции «Допустимое воздействие на окружающую

- среду и совершенствование системы экологической безопасности», 2009. - с. 63-65.
112. Шаренков, Д.В. Интеграция технологического нормирования в практику водоотведения в соответствии с законодательством РФ. [Текст] / Д.В. Шаренков, Н.Ю. Карсунцева, А.И. Шишкин / Вестник гражданских инженеров. – 2010. №2. - С. 156-160.
113. Шаш, Н.Н. Построение программного бюджета и оценка эффективности программ. [Текст] / Н.Н. Шаш // Академия бюджета и казначейства Минфина России. Финансовый журнал. – 2011. №2. – С. 55-64.
114. Шишкин А.И. Математическое моделирование переноса примесей и прогнозирование состава окружающей среды. [Текст] / А.И. Шишкин - Л.: Ленинградская лесотехническая академия, 1981. - 123 с.
115. Шишкин, А.И. Современная концепция и методы нормирования техногенной нагрузки на водные объекты и предотвращения подтопления. [Текст] / А.И. Шишкин, Н.А. Жильникова, И.А. Шишкин // Биосфера. - 2018. т.10. № 2. - С. 143-175.
116. Шишкин, А.И. Эколого-экономическое моделирование в системе «водопользователь-водный объект». [Текст] / А.И. Шишкин, А.В. Северина, Е.Ю. Софийская – Санкт-Петербург. Тезисы докладов научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий». – Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. - С. 107-112.
117. Шишкин, А.И. Эколого-экономическое моделирование для обеспечения норм сброса на примере МУП «ПЖЭТ» и реки Ижора. [Текст] / А.И. Шишкин, А.В. Северина – Санкт-Петербург. Материалы научно-практической конференции «Научные и инновационные технологии в решении проблем прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий», СПб.: ООО «ПИФ.СОМ», 2010. - С 79-84.

118. Яковлев, В.В. Экологическая безопасность, оценка риска. [Текст] / В.В. Яковлев - СПб.: «Международный центр экологической безопасности региона Балтийского моря» Издательство НП «Стратегия будущего», 2006. - 476 с.
119. Яковлев, С.В. Комплексное использование водных ресурсов. [Текст] / С.В. Яковлев, И.Г. Губий, И.И. Павлинов // М.: Высш.шк., 2008. - 383 с.
120. Alonso, JC, Rodrigo, J, Castellls, F: Design for environment of electrical and electronic automotive components based on life cycle assessment. Life Cycle Management – Design for Environment. [Text] / The Internet-Journal Gate to EHS 3(3), 2003. pp. 1-7.
121. Andræ, ASG, Chen, L, Schischke, K, Hagelueken, M, Liu, J: Environmental Assessment of Embedded Chip Manufacturing Technology. [Text] / Proceedings of Electronics Goes Green 2004+, Sept. 6-8, Berlin, Germany, 2004. pp. 913-918.
122. Andræ, ASG, Östermark, U, Liu, J: Life Cycle Assessment of a Telecommunications Exchange. [Text] / Journal of Electronics Manufacturing 10 (3), 2000. pp. 147-160.
123. Ellis, Brian. Environmental issues in electronics manufacturing: A review. [Text] / Circuit World, 26, 2000. pp. 17-21.
124. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). [Text]. / N L 334, 2010. – 17 p.
125. Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment. [Text] / Official Journal of the European Union, 2011. - 23 p.
126. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry. [Text] / European Comission, 2005. – 397 p.
127. Miao, D. Y. Optimization model for planning regional water resource systems under uncertainty. [Text] / Miao D. Y., Li Y. P., Huang G. H., Yang Z. F., Li C. H. / Journal of Water Resources Planning and Management, 40, issue 2, 2014. pp. 238–249.

128. Wänerholm, Martin: Nordic Foundries. Best Available Techniques (BAT) [Text] - Nordic Council of Ministers, 2017. – 138 p.
129. Williams, E, Ayres, RU, Heller M: The 1.7 Kilogram Microchip: Energy and Material Use in the Production of Semiconductor Devices. [Text] / Env. Sci. Tech. 36 (24), 2002 pp. 5504-5510.
130. Shishkin, I., Antonov, I., Epifanov, A. Geoinformation Modeling Complex for Rationing of Technogenic Loading. [Text] / Environmental Protection of Urban and Suburban Settlements: Proc. of XVII Intern. Ecoconference, Novosad, Serbia, 2013. pp. 299–306.
131. Zhilnikova, Natalia: Geoinformation modelling system of natural technical complexes for simulation modelling and optimization of load distribution. [Electronic source] / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 450. 2018.
(<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/450/6/062010>)

Информация, необходимая для выбора наилучшей доступной технологии очистки сточных вод сложного химического состава радиоэлектронных и приборостроительных производств

Технологии очистки сточных вод для радиоэлектронных и приборостроительных производств по аналит-маркерам:

- 1- полная биологическая очистка;
- 2 - технология 1 с симультанным осаждением;
- 3 - технология 1 с нитрификацией-денитрификацией;
- 4 - технология 1 с фильтрованием на зернистых фильтрах;
- 5 - технология 4 с обработкой в аэрируемых биопрудах;
- 6 - технология 1 с флотацией;
- 7 - технология 6 с обработкой в биопрудах;
- 8 - технология 1 с коагуляцией, отдувкой аммиака в градирнях, с фильтрованием на зернистых фильтрах и рекарбонизацией;
- 9 - технология 1 с фильтрованием в зернистых фильтрах и обработкой в ионообменных колоннах клиноптилолитом;
- 10 - технология 8 с угольным фильтром;
- 11 - технология 9 с абсорбцией.

Требования к техническим характеристикам оборудования:

- требуемая эффективность очистки сточных вод по аналит-маркерам:

- а) взвешенные вещества – 95-98 %;
- б) БПК₅ – 35-40 %;
- в) ХПК – 70-75 %;
- г) фенолы – 35-40 %.

– режим работы природоохранного оборудования: 365 дней в году, 24 часа

в сутки.

- потребление химических веществ и электроэнергии на очистку должно быть минимальным для достижения требуемой эффективности очистки;
- природоохранное оборудование должно быть разработано для использования в климатических условиях от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при расположении его наружно);
- схема очистки и природоохранное оборудование должны обеспечить степень очистки по всем требуемым показателям одновременно;
- должен быть обеспечен свободный доступ ко всем узлам оборудования при их техническом обслуживании;
- оборудование и емкости должны быть выполнены в коррозионностойком исполнении;
- гарантийный срок службы до первого ремонта должен быть не менее 5 лет, общий срок службы не менее 50 лет (гарантии должны быть действительны для номинального и максимально пикового режима);
- при доставке, установке, монтаже, пусконаладке, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, выводе из эксплуатации оборудования должны соблюдаться требования законодательства Российской Федерации.

Запрашиваемые производственные и качественные гарантии от поставщиков оборудования, предназначенного для охраны окружающей среды, на основании которых проводится сравнение оборудования:

- производительность очистных сооружений сточных вод;
- гарантированная степень очистки и качественные показатели на выходе с очистных сооружений (мг/дм^3) и по ступеням очистки (мг/дм^3);
- данные о нормальном и максимальном потреблении и характеристики основных и вспомогательных материалов:
 - а) потребление энергии, $\text{кВт}\cdot\text{ч/т}$ в сут.;
 - б) потребление реагентов на очистку производственных сточных вод, кг/м^3 ;
 - в) данные по воде и сточным водам от очистного оборудования с указанием

их количества и качества охлаждающей, загрязненной воды и стоков (например, потребление воды на промывку оборудования), м³/час;

г) количество осадка, образующегося в процессе очистки (с указанием влажности, токсичности и пр.), т/сут;

д) данные о выделении вредных веществ;

- данные по шумовым характеристикам и вибрации;
- данные по статическим, динамическим нагрузкам от оборудования;
- предложения по аналитическому контролю и расположению точек отбора проб;
- данные о массе и габаритных размерах наибольших монтажных и ремонтных узлов оборудования;
- данные о количестве, квалификации и обязанностях обслуживающего персонала и трудоемкости обслуживания оборудования;
- данные по электротехнической части;
- гарантии и условия гарантий;
- программа проведения гарантийных испытаний;
- предлагаемый график поставки чертежей и технической документации;
- предлагаемый график поставки оборудования, монтажа и пуска;
- лицензии (сертификаты) на продажу, проектирование и монтаж оборудования.

Значения удельных капитальных затрат (УКЗ), приведенных затрат (ПЗ) и приведенных экологических затрат (ПЭЗ) (Таблица А.1)

Таблица А.1 – Значения УКЗ, ПЗ и ПЭЗ для ряда технологий очистки сточных вод РПП

Производительность очистных сооружений, тыс.м ³ /год	УКЗ, руб./м ³ в год	ПЗ, руб./м ³ в год	ПЭЗ, руб./усл. м ³	ПЭЗ, руб./ЕВ	УКЗ, руб./м ³ в год	ПЗ, руб./м ³ в год	ПЭЗ, руб./усл. м ³	ПЭЗ, руб./ЕВ
	Технология 10				Технология 11			
25-32	77,44	17,70	0,098	745,88	74,40	19,61	0,108	818,70
32-40	60,72	15,16	0,084	638,89	65,94	17,53	0,097	723,03
40-50	52,93	13,61	0,075	573,49	57,95	15,82	0,088	660,70

Производительность очистных сооружений, тыс.м ³ /год	УКЗ, руб./м ³ в год	ПЗ, руб./м ³ в год	ПЭЗ, руб./усл. м ³	ПЭЗ, руб./ ЕВ	УКЗ, руб./м ³ в год	ПЗ, руб./м ³ в год	ПЭЗ, руб./усл. м ³	ПЭЗ, руб./ ЕВ
50-64	48,24	12,38	0,069	521,68	52,92	14,26	0,079	595,63
64-80	45,36	11,65	0,065	490,99	47,81	12,94	0,072	540,22
80-100	40,67	10,42	0,058	439,18	41,75	11,59	0,064	483,91
100-130	35,28	9,26	0,051	390,38	36,66	10,34	0,057	431,93
130-150	34,03	8,83	0,049	372,10	34,49	9,72	0,054	405,84
150-160	32,89	8,59	0,048	362,04	33,40	9,45	0,052	394,51
160-220	29,22	7,62	0,042	321,12	29,43	8,27	0,046	345,32

С увеличением производительности очистных сооружений наблюдается тенденция уменьшения УКЗ на внедрение технологий 10 и 11.

Наилучшие доступные технологии обработки поверхности металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов на предприятиях радиоэлектроники и приборостроения, особенности и перспективы их внедрения

1. Перечень НДТ.

НДТ 1. Системы экологического менеджмента и их инструменты. Затраты и выгоды внедрения систем экологического менеджмента.

Для всех предприятий, использующих технологии обработки поверхности металлов и пластмасс, с использованием электролитических или химических процессов общими методами защиты окружающей среды, апробированными в РФ, являются методы и инструменты систем экологического менеджмента.

В контексте НДТ речь не идет о сертификации СЭМ. Наилучшей доступной технологией следует считать разработку СЭМ и следование ее принципам. Практический опыт отечественных предприятий свидетельствует о том, что основные преимущества состоят в использовании ключевых методов СЭМ, в том числе таких, как:

- идентификация экологических аспектов производства;
- укрепление системы производственного экологического контроля;
- разработка и выполнение программ экологического менеджмента и тем самым достижение последовательного улучшения результативности там, где это практически возможно;
- разработка и внедрение процедур, необходимых для обеспечения соответствия организации требованиям нормативов, установленных на основе технологических показателей.

НДТ 2. Снижение потребления электроэнергии.

НДТ является снижение потребления энергии путем применения любого из

нижеперечисленных или их сочетания технологических решений и технических приемов:

- сокращение падения напряжения в проводниках и разъемах;
- регулярное обслуживание источников тока (выпрямителей) и контактов (токоподводящих шин) в электрической системе;
- установка современных выпрямителей с увеличенным коэффициентом преобразования по сравнению со старыми при работе на максимальной мощности;
- увеличение электропроводности рабочих растворов с помощью введения химических веществ (например, серной кислоты в ваннах кислого меднения) или композиций;
- сокращение утечки тока у электрохимических ванн;
- изменение форм тока (например, реверс, пульсация), при котором возможно улучшение качества осаждения металла;
- установка энергоэффективного оборудования (например, энергоэффективных насосов).

НДТ 3. Рациональное водопотребление.

НДТ является рациональное водопотребление путем применения любого из нижеперечисленных или их сочетания технологических решений и технических приемов:

- повышение количества ванн (ступеней) промывки;
- замена прямоточной промывки на противоточную;
- использование воды из систем охлаждения и нагрева на операциях промывки;
- интенсификация промывки путем перемешивания промывной воды с помощью барботеров в ванне подвесочного типа, а в барабанных ваннах – путем не менее чем двукратного погружения вращающегося барабана в ванну промывки на 10-15 с с последующей выдержкой его над ванной до прекращения стекания жидкости;

- изменение последовательности промывных операций за счет изменения маршрута движения деталей;
- повторное использование промывной воды на других операциях промывки.

НДТ 4. Снижение уноса химических веществ из рабочих ванн в сбрасываемые промывные воды.

НДТ является снижение уноса химических веществ из рабочих ванн в сбрасываемые промывные воды путем применения любого из нижеперечисленных или их сочетания технологических решений и технических приемов:

- установка ванн улавливания;
- оптимизация конструкции подвесок и размещения на них деталей;
- оснащение барабанов дополнительными отверстиями для облегчения вытекания из них раствора;
- оснащение между технологическими и промывными ваннами козырьков с наклоном в сторону технологических ванн;
- увеличение времени выдерживания деталей над поверхностью ванны (времени стекания), а также применения обдува, встряхивания и т.п.;
- душирование деталей малым количеством воды в момент извлечения их из технологической ванны;
- подпитка технологических ванн водой из ванн улавливания;
- применение устройств и методов для извлечения компонентов из промывной воды в ваннах промывки и улавливания с помощью химических, электрохимических, сорбционных, мембранных и других методов.

НДТ 5. Сокращение образования отработанных технологических растворов.

НДТ является сокращение образования отработанных технологических растворов путем применения любого из нижеперечисленных или их сочетания технологических решений и технических приемов:

- продление срока эксплуатации электролитов за счет применения средств и методов контроля их состава и состояния, технологических параметров гальванообработки;
- продление срока эксплуатации технологических растворов за счет применения процессов регенерации для удаления из них вредных примесей при использовании химических, сорбционных, электрохимических и других процессов;
- соблюдение технологических режимов.

НДТ 6. Сокращение поступления в сточные воды токсичных загрязняющих веществ.

НДТ является сокращение поступления в сточные воды токсичных загрязняющих веществ путем применения любого из нижеперечисленных или их сочетания технологических решений и технических приемов:

- замена составов растворов и электролитов, содержащих высокоопасные химические вещества, на менее опасные (например, электролиты на основе соединений шестивалентного хрома на электролиты на основе соединений трехвалентного хрома или цианистые на бесцианистые);
- снижение содержания загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих на очистные сооружения, за счет уменьшения количества электролитов и растворов, выносимых из технологических ванн в ванны промывки;
- применение менее концентрированных растворов.

НДТ 7. Минимизация образования объемов сточных вод и отходов производства.

НДТ является минимизация образования объемов сточных вод и отходов производства путем применения любого из нижеперечисленных или их сочетания технологических решений и технических приемов:

- внедрение малоотходных, безотходных и ресурсосберегающих

технологий;

- внедрение локальных систем очистки и регенерации промывочной воды и использования ее по замкнутому циклу;
- использование очищенных производственных сточных вод в замкнутом цикле (организация водооборота);
- применение процессов утилизации, которые позволяют выделить из отработанных растворов отдельные ценные компоненты (цветные металлы, кислоты и другие вещества) и использовать их на данном предприятии или на смежных производствах;
- использование флотационного метода для выделения дисперсной фазы тяжелых металлов с образованием флотошлама влажностью 95-96%, обеспечивающего снижение количества и объема осадка за счет уменьшения влажности по сравнению с отстаивными системами;
- внедрение средств и методов кондиционирования и обезвоживания гальваношламов в виде, пригодном для утилизации;
- внедрение средств и методов контроля параметров очистки сточных вод и обработки гальваношламов.

НДТ 8. Гальванохимическая обработка поверхности в производстве печатных плат.

НДТ является гальванохимическая обработка поверхности в производстве печатных плат путем применения любого из нижеперечисленных или их сочетания технологических решений и технических приемов:

- внедрение прогрессивных технологий обработки поверхности фольгированного диэлектрика с использованием технологических растворов отечественного производства для очистки и активации поверхности, формирования адгезионного слоя, снятие интерметаллического слоя и металлорезиста;
- внедрение современных технологий очистки сточных вод производства печатных плат от ионов тяжелых металлов,

комплексообразователей и органических соединений с использованием реагентных, сорбционных, флотационных и других технологий.

НДТ 9. Нанесение металлических и неметаллических неорганических покрытий.

НДТ является нанесение металлических и неметаллических неорганических покрытий надлежащего качества с использованием технологических и технических методов, отвечающих критериям экологической безопасности и экономической целесообразности.

2. Пути внедрения НДТ

Радиоэлектронные и приборостроительные производства характеризуются огромным и разнообразным ассортиментом обрабатываемых изделий и типов покрытий и применяемых составов растворов и электролитов, и технологического оборудования, которые, в свою очередь, зависят от конструктивно-технологических особенностей покрываемых деталей, технологических процессов, программы выпуска, типа производства и исходя из условий разделения и кооперации труда.

Внедрение НДТ, перечисленных выше, может протекать различными путями;

- внедрение систем менеджмента и других организационно-технических мероприятий;
- полное или частичное перевооружение производства;
- внедрение технологического процесса обработки поверхности металлов и пластмасс (совокупность метода обработки, приспособлений, с помощью которых производится обработка (подвеска, барабан, колокол и т.д.), операций обработки, технологических параметров обработки по каждой операции (состав растворов, температура, плотность тока), оборудования

(стационарные ванны, операторные линии, источники тока) или отдельных составляющих процесса);

- внедрение технологического процесса и/или оборудования по обработке сбросов, выбросов и твердых отходов (процессы очистки, обезвреживания, регенерации, рекуперации, утилизации и пр.).

Решение о внедрении того или иного технологического процесса и/или оборудования по обработке поверхностей металлов и пластмасс, а также отходов (в том числе об объединении или разделении потоков) должно приниматься индивидуально в каждом случае, исходя из объемов образующихся отходов и экономической целесообразности.

3. Перспективные технологические и технические решения обработки поверхности металлов и пластмасс (импортозамещение).

Под импортозамещением понимается уменьшение или прекращение импорта определенного товара посредством выпуска в стране качественной российской продукции, причем по приемлемой, экономически обоснованной цене, способной на равных конкурировать с зарубежными аналогами как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Одной из сфер применения импортозамещения могут стать технологии обработки поверхности металлов и пластмасс. В этом направлении следует выделить развитие таких перспективных отечественных технических и технологических решений при производстве печатных плат и нанесении гальванических покрытий, как палладиевая прямая металлизация, лазерное формирование отверстий, жидкостная экстракция растворов травления меди, управляющие программы для оборудования по изготовлению печатных плат, замена отдельных токсичных компонентов или составов растворов и электролитов на менее токсичные, сокращение количества потребляемых химических веществ и энергии за счет увеличения срока службы растворов и электролитов за счет процессов регенерации и другие.

При решении проблемы импортозамещения необходим комплексный подход, учитывающий уровень развития российской экономики, качество и конкурентоспособность отечественной продукции, уровень инновационного развития предприятий реального сектора экономики и другие факторы.

Перспективными направлениями для РПП, позволяющими улучшить качество выпускаемой продукции и повысить конкурентоспособность предприятий рассматриваемых отраслей могут быть следующие:

- а) разработка отечественных аналогов импортных добавок для процессов обработки поверхности металлов и пластмасс;
- б) регенерации растворов хромирования с использованием погружных электрохимических модулей;
- в) регенерация растворов цианистого меднения, цинкования и кадмирования с использованием электрохимических модулей;
- г) регенерация растворов щелочного обезжиривания с использованием электрофлотационного метода;
- д) регенерация растворов травления меди с использованием экстракции;
- е) внедрение современных систем очистки сточных вод, включающих извлечение фоторезиста, таких как внедрение систем электрохимической очистки для извлечения из водных сред (сточные воды, растворы, рассолы) дисперсной фазы малорастворимых соединений цветных и тяжелых металлов, нефтепродуктов, ПАВ и ионов металлов, обеспечивающих как извлечение загрязнений, так и возврат очищенной воды на повторное использование химических реагентов за счет совмещения электрохимических процессов (электролиз, электрофлотация, мембранный электролиз, электроионирование) в одном аппарате.

Методология разработки нормативных воздействий допустимого воздействия на водные объекты

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты (допустимого совокупного воздействия всех источников, расположенных в пределах речного бассейна или его части, на водный объект или его часть) разрабатываются и утверждаются по водному объекту или его участку в соответствии с гидрографическим и/или водохозяйственным районированием в целях поддержания поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям законодательства, в том числе для:

- а. обеспечения устойчивого функционирования естественных или сложившихся экологических систем, сохранения биологического разнообразия и предотвращения негативного воздействия в результате хозяйственной и иной деятельности;
- б. сохранения или улучшения состояния экологической системы в пределах водных объектов или их участков;
- в. сведения к минимуму последствий антропогенных воздействий, создающих риск возникновения необратимых негативных изменений в экологической системе водного объекта;
- г. обеспечения устойчивого и безопасного водопользования в процессе социально-экономического развития территории.

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты (НДВ) предназначены для установления безопасных уровней содержания загрязняющих веществ, а также других показателей, характеризующих воздействие на водные объекты, с учетом природно-климатических особенностей водных объектов данного региона и сложившейся в результате хозяйственной деятельности природно-техногенной обстановки.

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты для регламентации видов воздействия на водные объекты определяются исходя из целевого назначения водного объекта. Целевое назначение водного объекта или его участка (или приоритетное использование водного объекта) определяется действующим законодательством. Основной расчетной территориальной единицей при разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты принимается водохозяйственный участок.

Утвержденные в установленном порядке нормативы допустимого воздействия на водные объекты используются при решении вопросов, связанных с:

- а. разработкой схем комплексного использования и охраны водных объектов, водохозяйственных балансов, планированием водохозяйственных и водоохраных мероприятий;
- б. установлением и корректировкой нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей;
- в. осуществлением государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов;
- г. оценкой воздействия на окружающую среду (ОВОС) при разработке предпроектной и проектной документации;
- д. размещением, проектированием, строительством и реконструкцией хозяйственных и иных объектов, оказывающих влияние на состояние водных объектов;
- е. решением других вопросов в области использования и охраны водных объектов.

НДВ на водный объект разрабатываются для следующих видов воздействий:

- а. привнос химических и взвешенных веществ;
- б. привнос радиоактивных веществ;
- в. привнос микроорганизмов;

- г. принос тепла;
- д. сброс воды;
- е. забор (изъятие) водных ресурсов;
- ж. использование акватории водных объектов для строительства и размещения причалов, стационарных и (или) плавучих платформ, искусственных островов и других сооружений;
- з. изменение водного режима при использовании водных объектов для разведки и добычи полезных ископаемых.

Виды воздействия, связанные с приносом веществ, микроорганизмов и тепла, касаются преимущественно качественных показателей воды водных объектов и состояния их экологических систем, а изъятие водных ресурсов и сброс вод, использование акватории, обуславливающее изменение водного режима, влияют в основном на количественные показатели водных объектов.

1. Расчет нормативов допустимых воздействий по приносу химических веществ ($НДВ_{хим}$).

$НДВ_{хим}$ является суммарной массой загрязняющих веществ, которая максимально допустима на расчетном участке водного объекта в пределах установленного периода времени, когда концентрации загрязняющего вещества в замыкающем створе и в среднем по участку не превышают норматив качества воды, установленный для водного объекта или его участка - C_n .

Расчет выполняется по приносу химических и взвешенных минеральных веществ, включенных в список нормируемых, на основании установленных значений C_n .

В качестве нормативов качества воды в зависимости от фактического состояния и использования водного объекта могут приниматься:

- предельно допустимые концентрации для химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (гигиенические ПДК);
- предельно допустимые концентрации для химических веществ в воде

- водных объектов рыбохозяйственного значения (рыбохозяйственные ПДК);
- ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов питьевого и хозяйственно-бытового (хозяйственно-питьевого) и рекреационного (культурно-бытового) водопользования;
 - ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воде водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение;
 - нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ, установленных в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ в окружающей среде и несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем.

В общем виде расчет $НДВ_{хим}$ на расчетном участке водного объекта за любой период времени выполняется по балансовой формуле:

$$НДВ_{хим} = C_{нр} W_{уч} - \sum (C_{нр} W_{мест} + C_{нвх} W_{нвх} + C_{нобр} W_{обр}) \quad (1)$$

где $W_{уч}$ - общий объем стока на водохозяйственном участке к замыкающему створу за определенный расчетный период, млн.м³, определяемый по формуле:

$$W_{уч} = W_{мест} + W_{супр} + W_{вх} + W_{обсбр} = W_{обр} + W_{ндиф} + W_{супр} + W_{вх} + W_{обр} \quad (2)$$

где $W_{мест}$ - объем местного стока в пределах расчетного участка, млн. м³:

$$W_{мест} = W_{обр} + W_{ндиф}; \quad (3)$$

$W_{ндиф}$ - объем боковой приточности на участках с неуправляемыми диффузными источниками загрязнения, млн. м³:

$$W_{ндиф} = 0,001 \cdot q \cdot F_{нд} \cdot T \quad (4)$$

q – модуль стока, л/км² в сек; T – период времени, сек; $F_{нд}$ – площадь, занятая неуправляемыми источниками загрязнения, км²;

$W_{обр}$ - объем боковой приточности с участков, не подверженных антропогенному воздействию (за вычетом участков водосборной площади, трансформированных хозяйственной деятельностью с имеющимися диффузными источниками загрязнения антропогенного происхождения, как управляемыми, так и неуправляемыми), млн. м³;

$$W_{\text{диф}} = 0,001 \cdot q \cdot (F - F_{\text{нд}} - F_{\text{уд}}) \cdot T \quad (5)$$

F – водосборная площадь, км²; $F_{\text{уд}}$ – площадь, занятая управляемыми диффузными источниками загрязнения;

$W_{\text{супр}}$ – объем водоотведения, включая точечные и потенциально управляемые диффузные источники загрязнения, млн. м³;

$W_{\text{вх}}$ – объем стока, поступающий с вышерасположенного водохозяйственного участка, млн. м³;

$W_{\text{обпр}}$ – объем стока, поступающий с притоками первого порядка, обособленными в самостоятельные расчетные участки со своими нормативами качества воды водного объекта, млн. м³;

$C_{\text{нр}}$, $C_{\text{нвх}}$, $C_{\text{нобпр}}$ – нормативы качества воды водного объекта для соответствующих водохозяйственных участков, мг/л.

Объем водоотведения $W_{\text{супр}}$ определяется суммированием объемов водоотведения по точечным источникам загрязнения (статочность 2ТП-водхоз) и объемов потенциально управляемых диффузных источников загрязнения, определяемый расчетным путем.

Объемы стока $W_{\text{вх}}$ и $W_{\text{обоспр}}$ устанавливаются: 1) по данным государственного водного реестра; 2) на основании данных мониторинга; 3) по данным гидрологических и водохозяйственных расчетов для соответствующих лимитирующих сезонов и периодов гидрологического года с учетом объемов водопотребления; 4) водохозяйственным балансам.

2. Расчет нормативов допустимого воздействия по привносу микроорганизмов ($\text{НДВ}_{\text{микроб}}$).

Определение допустимого количества привносимых микробиологических показателей в условных единицах производится по формуле:

$$\text{НДВ}_{\text{микроб}} = W \cdot K_{\text{д}} \cdot 10^{-6} \quad (6)$$

где $\text{НДВ}_{\text{микроб}}$ – масса сброса в единицах КОЕ, БОЕ и др.;

W – объем сточных и иных вод, содержащих микроорганизмы, тыс.м³/год;

K_d - допустимое содержание микробиологического (паразитологического) показателя в сточных водах.

Расчет ведется для всех источников возможного микробного загрязнения, указанных в действующих методических документах по организации контроля за обеззараживанием сточных вод.

3. Расчет нормативов допустимого воздействия по изъятию водных ресурсов ($НДВ_{из}$).

Нормативы допустимого воздействия по изъятию водных ресурсов ($НДВ_{из}$) устанавливаются в виде постоянных величин, начиная от базисного расчетного года определенной обеспеченности, и не должны приводить к изменениям характеристик водного объекта, значительно выходящим за пределы естественных сезонных многолетних колебаний. Они устанавливаются для каждого водного объекта в разных створах и в целом для бассейна с обязательным учетом потребностей в воде водного объекта, замыкающего речной бассейн, необходимой для поддержания состояния его экологической системы, т.е. требования экологических систем должны соблюдаться в комплексе «море - впадающие в него реки». При этом необходимо принимать во внимание категорию водо- и рыбохозяйственного использования, степень антропогенной трансформированности и социально-экономические последствия.

Изъятие воды в крайне маловодные годы, с обеспеченностью стока выше критической величины производится только в объемах, необходимых для обеспечения приоритетных пользователей, - для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

Для рек с зарегулированным стоком устанавливается объем экологического попуска (ЭП) и его внутригодовое распределение в целях сохранения условий естественного размножения рыб и других гидробионтов и поддержания гидрологического режима нижнего течения реки и водного объекта, замыкающего ее бассейн, не выходящего за пределы естественных многолетних

колебаний. Вода из водохранилища должна подаваться на нижележащий участок реки в соответствии с установленным режимом экологического попуска.

Для рек с незарегулированным стоком определяется экологический сток (ЭС), т.е. экологически безопасный сток в конкретном створе при допустимом объеме безвозвратного изъятия речного стока, обеспечивающий нормальное функционирование экологических систем водных объектов и околородных экологических систем.

Экологическую ценность имеют все гидрологические фазы, поэтому определение ЭС, ЭП и $\text{НДВ}_{\text{из}}$ относится ко всему гидрографу речного стока. Однако решающее значение для их определения имеют периоды половодья и паводков, когда в основном осуществляется воспроизводство биоты экологических систем, а также межени, когда создаются лимитирующие условия их функционирования.

Одним из основных условий при нормировании безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска) является определение значений гидрологических параметров, характеризующих оптимальные, нормальные и критические условия функционирования экологических систем водных объектов и околородных экологических систем.

Водные и околородные системы могут функционировать при эпизодических снижениях объема стока ниже критического, что имеет место и в естественных условиях. Однако систематическое снижение объемов стока при антропогенных воздействиях может привести к деградации и гибели экологических систем. Поэтому установленный $\text{НДВ}_{\text{из}}$ должен обеспечить сохранение колебаний стока, максимально приближенных к естественным.

При оценке экологически допустимого изъятия стока рек необходимо исходить из основной предпосылки - сохранения экологически безопасного и устойчивого состояния экологической системы водного объекта, когда изменения структурно-функциональной организации происходят в пределах границ толерантности естественной стадии гидрогенеза и не подрывается

способность природных комплексов к саморегуляции, самоочищению и самовозобновлению.

Методологической основой нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока и экологического попуска является принцип устойчивого функционирования экологических систем водных объектов и околводных экологических систем и сохранение условий естественного размножения организмов.

В качестве экологических критериев, которые учитываются и используются при разработке норм НДВ_{из}, ЭП, ЭС и оценке степени нарушенности экологических систем, приняты следующие:

- условия естественного размножения ихтиофауны и пойменной растительности;
- уровень биологической продуктивности экологических систем;
- структура сообщества рыб, в том числе соотношение ценных и малоценных видов рыб, темпы их роста;
- видовое разнообразие организмов, смена сообществ животных и растений;
- состояние русла реки и поймы, процессы дельтообразования и др.

В качестве основных параметров при разработке норм ЭС, ЭП, НДВ_{из} используются:

- расход, сток и уровни воды, а также их внутригодовое распределение (гидрограф) в годы различной обеспеченности;
- сроки весеннего половодья и паводков;
- площадь затопления поймы и дельты;
- характеристики водного режима русловых и пойменных нерестилищ (скорость течения, глубина, температура и др.);
- уровенный режим, соленость воды, площади нагула молодежи и взрослых особей рыб и др;
- видовой состав, численность и биомасса планктонных и донных организмов, динамика численности популяций рыб, характеристики

численности молоди конкретного года рождения ("урожайность" поколения), промысловый возврат (величина вылова рыб одного поколения в течение всего жизненного цикла), запасы и уловы промысловых рыб.

Если на нижних участках реки не обеспечиваются экологические требования к объему стока, то допустимое безвозвратное изъятие речного стока в вышележащих створах определяется с учетом потребностей в воде нижележащих створов, т.е. часть объема водопотребления на одних участках должна возвращаться в гидрографическую сеть в пределах других ниже расположенных участков реки.

Критические объемы речного стока могут определяться двумя методами:

1. Метод на основе анализа связей биологических и гидрологических характеристик состояния экологических систем.

2. Метод на основе критических экологических параметров, основанных на использовании косвенных характеристик состояния экологических систем.

Метод анализа связей биологических и гидрологических характеристик состояния экологических систем.

Метод применяется для рек или их участков при наличии многолетних данных по ведущим параметрам гидрологического режима и различным показателям биопродуктивности экологических систем водных объектов и околководных экологических систем. Он является основным для водных объектов или отдельных их участков, имеющих важное значение для воспроизводства массовых и ценных видов рыб.

Критериями оценки экологически допустимого объема безвозвратного изъятия речного стока служат показатели поколений и динамика численности или промысловый возврат рыб.

Нормативы допустимого экологически безопасного объема безвозвратного изъятия речного стока должны устанавливаться дифференцированно для каждого водного объекта в разных створах. Основой для установления нормативов

являются оценки влияния физико-химических и гидрологических характеристик на биопродуктивность экологических систем водных объектов и околководных экологических систем, выбор наиболее значимых показателей и установление экологически допустимых и критических констант.

На основе многолетних данных устанавливаются эмпирические зависимости между «урожайностью» поколений (численностью) популяций, промысловым возрастом рыб (или других гидробионтов) и характеристиками гидрологического режима (объемы стока, его внутригодовое распределение в годы различной водности и др.) и находится уравнение связи между «урожайностью» поколений рыб (численностью сеголетков) и объемами годового и весенне-летнего стока (или стока за другие, экологически более значимые, периоды воспроизводства рыб).

Строятся теоретические и эмпирические кривые обеспеченности «урожайности» поколений рыб, и по ним определяются показатели (границы) «урожайности». К высокоурожайным относятся поколения с более высокой численностью обеспеченностью менее 25%, к урожайным - 25 - 50% обеспеченности, к среднеурожайным - 50 - 75%, к низкоурожайным - более 75% обеспеченности.

По установленным границам ранжируются многолетние данные по «урожайности» поколений и соответствующему им годовому и весенне-летнему стоку. Рассчитываются средние величины данных показателей.

При расходах и объемах воды ниже критических практически не регистрируется процесс естественного размножения основных водных организмов.

Для рек, впадающих в внутриматериковые водные объекты, находятся уравнения связи между годовым объемом стока реки (или показателем минерализации - соленостью воды, коррелирующей с объемом стока за несколько предшествующих лет) и численностью популяций, промысловым возрастом рыб, и определяется объем речного стока, который не обеспечивает устойчивые

условия нагула молоди и половозрелых рыб в замыкающей гидрографической сети водном объекте (море, залив, лиман, озеро).

Метод, основанный на регрессионном анализе однофакторных зависимостей линейного и нелинейного видов, может быть дополнен многофакторным регрессионным анализом.

В качестве критической величины речного стока принимается величина, при которой общая численность популяций рыб снижается до уровня 50% среднегодовой численности. Определение критической величины речного стока производится на основе анализа связи между величиной речного стока и показателем выживаемости молоди рыб, определяющей формирование общей численности популяций.

Метод «критических экологических параметров».

Метод критических экологических параметров рекомендуется в случае отсутствия количественных зависимостей различных видов антропогенного воздействия на экологические системы водных объектов при нормировании безвозвратного изъятия речного стока и расчете экологического стока.

Компоненты экологических систем в бассейнах рек определяются в зависимости от экологически значимых элементов гидрологического режима, характеризующих состояние этих систем.

Для водотоков экологически значимый элемент гидрологического режима - скорость воды в потоке;

для дельтовых озер - уровень и соленость воды;

для морей и их частей (лиманов, лагун) - соленость воды.

При нормировании безвозвратного изъятия речного стока и установлении экологического попуска (стока) учитываются также экологические требования к условиям естественного размножения рыб на русловых, пойменных и лиманных нерестилищах.

Экологические требования предполагают обеспечение следующих условий:

- объемов стока, достаточных для прохода рыб к местам нереста в период массового нерестового хода;
- объемов стока, достаточных для затопления необходимых площадей пойменных нерестилищ в требуемые сроки и с соответствующей температурой;
- продолжительности затопления нерестилищ, необходимой для достижения молодью рыб жизнестойких (покатных) стадий;
- объемов стока, гарантирующих скат молоди с пойменных нерестилищ в реку;
- состояние русла реки и поймы, процессы дельтообразования и др.

В качестве показателей состояния используются косвенные характеристики, которые различны для разных водных объектов. В бассейнах рек в зависимости от экологически значимых элементов гидрологического режима выделяются компоненты экологических систем водных объектов, характеризующие их состояние.

Метод учета затрат при расчете материальных потоков (балансов) при экологическом управлении производственной системой

Метод учета затрат на потоки материалов – метод *MFCA* (*material flow cost accounting*) - является средством количественной оценки потоков и запасов материалов в технологических или производственных линиях, выражаемых в физических и денежных единицах с целью обоснования мотивации усилий предприятия по повышению его экологических и финансовых показателей посредством совершенствования порядка использования материалов и энергии с помощью следующих мероприятий:

- повышение «прозрачности» движения материальных потоков и использования энергии, учета связанных с ними затрат и экологических аспектов;
- поддержка организационных решений в таких областях, как технология производственных процессов, планирование производства, контроль качества, разработка продукции и управление цепочками поставок продукции;
- улучшение координации и Связей при использовании в организации материалов и энергии.

По определению, управленческий (финансовый) учет и учет при экологическом менеджменте (метод *EMA* - *environmental material accounting*) направлены на предоставление организациям информации, необходимой для принятия им внутренних решений.

Методы *MFCA*, являющийся одним из важнейших инструментов метода *EMA*, также направлен на предоставлении информации для принятия внутренних решений и предназначен для дополнения существующего бухгалтерского учета при экологическом менеджменте и управлении. Хотя организация может выбрать

вариант включения внешних издержек в *MFCA*-анализ, однако их рассмотрение выходит за рамки настоящего стандарта.

Для создания модели потоков материалов (глава 2, параграф 2.1.4) следует своевременно отслеживать их. Модель должна иллюстрировать движение этих материалов и направления использования энергии для всех пунктов учета, где материалы хранят, обрабатывают, используют или преобразуют (например, процессы хранения/изготовления и работы по контролю за ликвидацией отходов).

Принятие экологических и финансовых решений внутри организации необходимо основывать на результатах сбора данных о физических объемах материалов и используемой энергии, а также данных о связанных с этими затратами. Оба эти типа данных необходимо четко интегрировать с помощью модели потоков материалов.

Данные о потоках материалов (в натуральном исчислении) необходимо собирать либо в соответствующих единицах измерений, либо с соответствующими коэффициентами преобразования единиц для того, чтобы данные для целей анализа и сравнения в дальнейшем смогли быть преобразованы в общие единицы измерения (предпочтительно - в единицы массы). Эти данные необходимо использовать для балансировки входных и выходных потоков (ресурсов) и выявления каких-либо значительных пробелов данных.

Общие затраты, вызываемые и/или связанные с потерями (расходом) материалов, следует оценивать максимально точно и обоснованно относить их к тем потерям материалов, которые приводят к затратам, а не к конечной продукции.

Основные элементы *MFCA*-учета

1. Пункт учета

Пункт учета (ПУ) - это часть (или части) процесса, для которого входные/выходные потоки (ресурсы) количественно оценивают в натуральном и денежном выражениях. Как правило, пункты учета - это области, где материалы запасают и/или преобразуют, например, склады, производственные

подразделения или пункты отгрузки. ПУ служит основой для проведения мероприятий по сбору данных для *MFCA*-учета. В ПУ, во-первых, количественно оценивают потоки материалов и направления использования энергоресурсов, во-вторых, количественно оценивают затраты на материалы, энергозатраты, а также на системные издержки и затраты на контроль за ликвидацией отходов.

2. Материальный баланс

Материал, который поступает в ПУ, в конечном итоге выходит из него либо в виде продукции, либо в виде остатков этого материала. Материал также может находиться в этом ПУ (например, хранится) в течение определенного промежутка времени, внося вклад в изменение запасов материала ПУ, равное начальному запасу за вычетом конечного запаса.

Поскольку масса и энергия не могут ни возникнуть, ни исчезать, а только переходят из одной формы в другую, входящие в систему физические потоки (ресурсы) должны быть равны выходящим из нее физическим потокам (с учетом любых изменений объемов ресурсов в системе). Таким образом, для гарантии учета всех материалов при *MFCA*-анализе следует проводить материальный баланс выходных потоков (т.е. продукции и остатков материалов) и изменений в объемах материальных ресурсах с целью получения информации о любых значительных потерях): материалов или других пробелов в данных. Количественная оценка потоков материалов и обеспечение баланса между материальными входными/выходными потоками (т.е. продукции и остатков материалов)- вот необходимые условия *MFCA*-учета.

Пример простого материального баланса в ПУ проиллюстрирован на Рисунке 1. В этом примере в ПУ поступает 95 кг материала. За время анализа запас материала изменяется от исходного значения 15 кг до конечного запаса 10 кг. Таким образом, количество материала, выходящего из пункта учета, будет равно 100 кг, т.е. массе поступающего материала (95 кг) плюс исходный запас (15 кг) за вычетом конечного запаса (10 кг). Эти 100 кг распределяются между изготавливаемой продукцией (70 кг) и остатками материала (30 кг).



Рисунок 1 – Материальный баланс в пункте учета

Для простоты в этом примере используют только информацию о материальных потоках, без использования информации об энергии. На практике дисбаланс между входными и выходными потоками (ресурсами) может происходить из-за поступления воздуха или влаги, химических реакций, которые трудно оценивать, или же из-за погрешности измерений. Любой обнаруженный дисбаланс необходимо анализировать.

Зачастую физические данные приводят в различных единицах измерений. Для выполнения баланса материалов и приведения для сравнения имеющихся физических данные к единым единицам (например, массы) могут понадобиться коэффициенты пересчета. Необходимость в сопоставлении данных следует принимать во внимание при сборе данных для продолжения *MFCA*-учета. Необходимо также оценивать полезность каких-либо единиц данных для оценки негативных воздействий на окружающую среду.

3. Расчет затрат.

Решения, принимаемые на предприятиях, зачастую принимают с учетом финансовых соображений, поэтому для поддержки принятого решения данные о потоках материалов необходимо выражать в денежных единицах. С этой целью все затраты, вызванные и/или связанные с потоками материалов, входящими и исходящими из ПУ, следует выражать количественно и закреплять или

распределять между этими потоками материалов (Рисунок 2).

При *MFCA*-учете количественно оценивают три типа затрат: затраты на материалы; системные издержки и затраты на контроль за ликвидацией отходов. Затраты на энергоресурсы можно либо включать в затраты на материалы или количественно оценивать отдельно (по усмотрению предприятия).

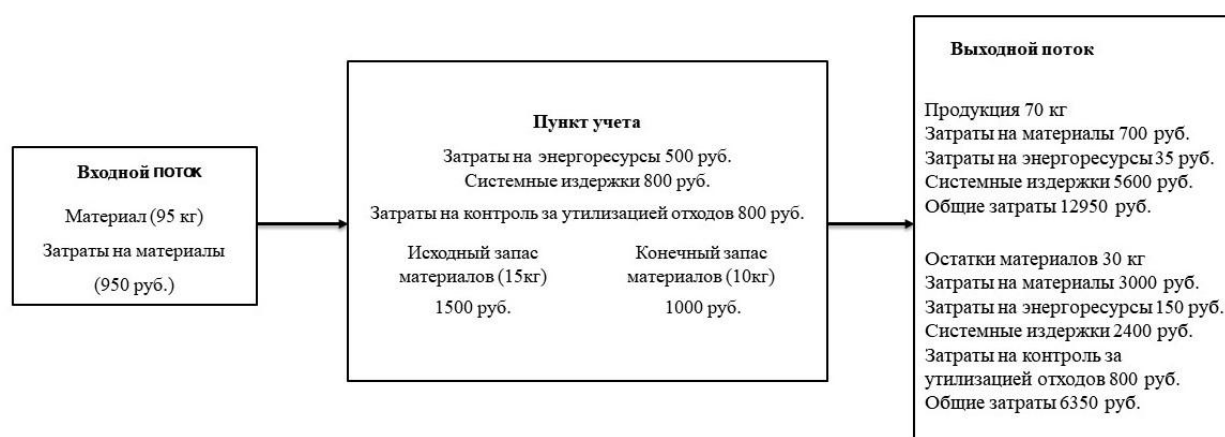


Рисунок 2 – Расчет затрат в пункте учета

Затраты на материалы и энергоресурсы, а также системные издержки, впоследствии переносят или распределяют на выходные потоки ПУ (т.е. на продукцию и остатки материалов) с учетом пропорций в затратах на материалы, которые переносятся на продукцию и остатки материалов. Из 100 кг используемого материала 70 кг переходит в продукцию, и 30 кг - на остатки материала (см. Рисунок 1). Таким образом, распределение материала в процентном отношении, равное 70 % к 30%, используют для распределения затрат между энергоресурсами/системными издержками и продукцией/остатку материала, соответственно. В этом примере подобное процентное распределение, основанное на массе материала, используют для распределения затрат и выбирают по усмотрению предприятия. В отличие от этого, 100 % затрат на контроль за утилизацией отходов (800 руб.) относят на остатки материалов,

поскольку эти затраты обусловлены исключительно этими остатками. В конечном итоге общие затраты на остатки материалов в данном примере составили 6350 руб.

Для обеспечения максимальной точности анализа все расходы необходимо рассчитывать по данным, получаемым от отдельных пунктов учета и индивидуальных потоков материалов, а не оцениваемых с помощью процедур распределения затрат. Тем не менее, такие расходы, как расходы на энергоресурсы, системные издержки и затраты на контроль за ликвидацией отходов, часто оказываются доступными только для всего процесса или предприятия. Таким образом, на практике зачастую необходимо сначала распределить эти затраты между отдельными ПУ, а затем перенести их на продукцию и остатки материалов с помощью следующей двухэтапной процедуры:

- распределение затрат, охватывающих весь процесс или все предприятие, между различным количеством ПУ;
- перенесение затрат от нескольких ПУ на продукцию и остатки материалов.

На каждом этапе этого распределения в качестве подходящего критерия следует выбирать тот, который наиболее близок к основному фактору, определяющему распределяемые затраты. При распределении затрат, охватывающих весь процесс или все предприятие (по пунктам учета), соответствующие критерии распределения могут выбираться по машиночасам, объемам производства, числу работников, рабочему времени, числу выполненных работ, производственным площадям и т.д. На втором этапе распределения по QC-пунктам затрат на продукцию и остатков материалов необходимо выбирать иные критерии, например, общий процент распределения материала или процентное распределение основного материала. Во всех случаях определение наиболее подходящих критериев распределения осуществляется по усмотрению предприятия.

Наиболее приемлемые критерии распределения различных видов затрат, например, затрат на энергопотребление и системные издержки, не обязательно

будут одним и теми же.

Для различных компонентов системных издержек можно использовать различные критерии распределения, например, затраты на оплату труда, амортизационные расходы (если они будут более реалистично отражать распределение фактических затрат).

Все затраты на контроль за ликвидацией отходов в QC-пункте по определению относят к материальным потерям.

Рекомендации по разработке программ повышения эффективности водопользования субъектами бассейновых (региональных) территориальных природно-производственных комплексов

1. Выполнить анализ влияния состояния водных объектов ТППК на социальную и экономическую обстановку на территории рассматриваемого речного бассейна. Выявить водные факторы, влияющие или могущие повлиять на обострение социальной напряженности, факторы, выступающие или могущие выступить ограничителями экономического развития (снижение качества жизни, повышение заболеваемости, дефицит воды для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, дефицит водных ресурсов для развития основных видов производства и др.).
2. На основании выполненных оценок, расчетов и анализа выявить и сформулировать проблемы экологического состояния водных объектов и водообеспеченности на современном уровне и в перспективе (включая проблемы информационного, технологического, управленческого и институционального характера).
3. Выявленные проблемы сгруппировать и описать с указанием численных параметров и причин возникновения:
 - проблемы экологического состояния водных объектов;
 - проблемы водообеспечения:
 - а) коммунального (питьевого и хозяйственно-бытового) водоснабжения;
 - б) сельскохозяйственного производства;
 - в) промышленности и энергетики;
 - г) транспорта;
 - д) проблемы негативного воздействия вод.
4. Выполнить комплексную сравнительную оценку проблем и их

ранжирование по приоритетности решения по экологическим и социально-экономическим критериям, выделить проблемы, ключевые для рассматриваемого речного бассейна, на решение которых должны быть направлены мероприятия Программы.

5. Сформулировать основные цели реализации водохозяйственных и водоохранных мероприятий, направленных на решение ключевых проблем. Цели устанавливаются для каждой из выделенных ключевых проблем, формулируются в измеримых количественных показателях, предусматривающих возможность контролируемого поэтапного достижения; должны отражать реалистичность, т.е. сбалансированность с ресурсами, необходимыми для решения выделенных проблем.
6. Сформулированные цели конкретизируются через определение целевых показателей, которые включают:
 - целевые показатели качества воды в водных объектах рассматриваемого речного бассейна;
 - основные целевые показатели уменьшения негативных последствий наводнений и других видов негативного воздействия вод.

Система основных целевых показателей может быть развита в части установления целевых показателей состояния водных объектов рассматриваемого речного бассейна, развития системы мониторинга водных объектов, водообеспечения населения и объектов экономики, развития водохозяйственной инфраструктуры речного бассейна, финансово-экономическими и социально-экономическими целевыми показателями.

Установление целевых показателей предполагает рассмотрение нескольких альтернативных вариантов программ водохозяйственных и водоохранных мероприятий с оценкой достижимости и эффективности каждого из них.

Основными рассматриваются следующие целевые состояния водных объектов рассматриваемого речного бассейна:

- сохранение значений показателей использования и охраны водных объектов

на уровне значений, имевших место на момент начала разработки программы (стабилизация обстановки, недопущение ухудшения состояния водных объектов);

- достижение для водных объектов значений показателей, соответствующих их природному состоянию (для естественных водных объектов) или максимальному экологическому потенциалу (для существенно модифицированных или искусственных водных объектов) (полное восстановление водных объектов);
- достижение промежуточных целевых состояний водных объектов с учетом перспектив социально-экономического развития территорий и имеющихся ресурсов (поэтапное улучшение состояния водных объектов).

Установление целевых показателей осуществляется на основе укрупненной оценки достижимости наборов показателей исходя из прогнозов социально-экономического развития территорий, расположенных в границах речного бассейна, и существующих возможностей финансирования водохозяйственных и водоохранных мероприятий.

7. Разработка нескольких вариантов программ мероприятий, отражающих возможные (альтернативные) пути достижения установленных целевых показателей качества воды в водных объектах речного бассейна, основных целевых показателей уменьшения негативных последствий наводнений и других видов негативного воздействия вод, а также иных целевых показателей.

По каждому варианту мероприятий должны быть определены:

- лимиты забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов по водохозяйственным участкам рассматриваемого речного бассейна;
- квоты забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов, выделяемые каждому субъекту Российской Федерации по каждому водохозяйственному участку рассматриваемого речного бассейна;
- лимиты сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в

водные объекты по водохозяйственным участкам рассматриваемого речного бассейна;

- квоты сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в водные объекты, выделяемые каждому субъекту Российской Федерации по каждому водохозяйственному участку рассматриваемого речного бассейна.

Сумма квот, выделяемых субъектам Российской Федерации по каждому водохозяйственному участку, не может превышать соответствующих лимитов по этому участку.

Программы водохозяйственных и водоохраных мероприятий, мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод включают мероприятия по следующим направлениям:

- фундаментальные (базисные) мероприятия;
- институциональные мероприятия;
- мероприятия по улучшению оперативного управления;
- структурные мероприятия (по строительству и реконструкции сооружений).

В составе фундаментальных мероприятий могут рассматриваться следующие виды мероприятий:

- осуществление идентификации, классифицирование водных объектов по типу и состоянию;
- улучшение учета водных ресурсов и их использования;
- развитие научно-методической базы управления использованием и охраной водных объектов, включая разработку экономических механизмов стимулирования эффективного водопользования;
- восстановление и развитие наблюдательной сети за состоянием водных объектов и водохозяйственных систем;
- разработка имитационных математических моделей;
- идентификация территорий, подверженных затоплению, их классифицирование и картографирование;
- разработка и развитие бассейновых геоинформационных систем;

- образовательные программы;
- обеспечение координации реализации мероприятий.

В составе институциональных мероприятий могут рассматриваться следующие виды мероприятий:

- мероприятия, направленные на соблюдение устанавливаемых лимитов и квот на забор воды из водных объектов и сброс сточных вод;
- развитие нормативно-технической базы функционирования водохозяйственного комплекса и регулирования водопользования (включая пересмотр (совершенствование) технических документов в области строительства; разработку правил использования водных ресурсов водохранилищ и водохозяйственных систем; правил технической эксплуатации и благоустройства водохранилищ и т.д.);
- разработка правил, программ, планов действий в случаях экстремально маловодья и экстремально высокой водности (включая своевременные гидрологические прогнозы, регламентацию процедур распределения воды и использования резервных источников водоснабжения, повышение надежности и эффективности систем водоснабжения, определение альтернативных или дополнительных источников водоснабжения, др.);
- регулирование использования (резервирование) территорий, потенциально подверженных затоплению;
- регулирование землепользования в водоохраных зонах водных объектов (включая их обустройство и благоустройство) и на водосборах с целью предотвращения загрязнения и истощения водных объектов;
- регулирование использования берегов и дна водных объектов;
- подготовка обоснований установления ставок платы за пользование водными объектами, стимулирующих эффективное и неистощительное использование водных объектов;
- регламентирование объемов и порядка осуществления контрольно-надзорных мероприятий, направленных на защиту водных объектов от

загрязнения и истощения, а также на обеспечение безопасности водохозяйственной инфраструктуры;

- развитие систем страхования рисков, связанных с негативным воздействием вод.

В составе мероприятий по улучшению оперативного управления использованием и охраной водных объектов могут рассматриваться следующие виды мероприятий:

- комплексное развитие системы государственного мониторинга водных объектов в речном бассейне, включая совершенствование лабораторно-аналитической базы, повышение ее оперативности;
- развитие систем государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов, иной деятельностью, оказывающей влияние на состояние водных объектов и водных ресурсов;
- развитие автоматизированных систем управления использованием и охраной водных объектов на основе внедрения инструментов математического моделирования и прогнозирования состояния речного бассейна, полного и оперативного использования данных государственного мониторинга водных объектов, а также государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов;
- обеспечение развития и ведения государственного водного реестра в части сведений, относящихся к рассматриваемому речному бассейну;
- развитие систем оперативного информирования и оповещения органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, водопользователей и населения о состоянии водных объектов и угрозах негативного воздействия вод;
- работы по расчистке и восстановлению русел водных объектов, восстановлению аккумулярующей способности пойм;
- работы по ремонту и восстановлению проектных характеристик существующих водохозяйственных сооружений, оснащению их

современной контрольно-измерительной аппаратурой.

В составе структурных мероприятий могут рассматриваться следующие виды мероприятий:

- строительство и реконструкция водохозяйственных систем, включая строительство гидротехнических сооружений, создание новых и изменение проектных показателей (реконструкция) существующих регулирующих емкостей (водохранилищ и прудов);
- строительство и реконструкция систем межбассейнового перераспределения стока и межбассейновых водотранспортных систем;
- строительство и реконструкция очистных сооружений;
- дноуглубительные и русловыпрямительные работы;
- строительство и реконструкция капитальных берегозащитных и берегоукрепительных сооружений;
- строительство и реконструкция противопаводковых и иных гидротехнических сооружений, предназначенных для предотвращения негативного воздействия вод.

По каждому из мероприятий, включаемых в состав программы, должны быть указаны:

- водохозяйственный участок и водный объект, на котором реализуется мероприятие;
- решаемые ключевые проблемы и целевые показатели, на достижение которых нацелено мероприятие;
- сроки и этапы реализации мероприятия;
- физические объемы работ по реализации мероприятия (км, м³ и т.п.);
- оценка необходимых финансовых затрат на реализацию мероприятия;
- предполагаемые источники финансирования мероприятия.

Оценка предполагаемых объемов необходимых для реализации мероприятий финансовых ресурсов осуществляется на основании укрупненных показателей стоимости водохозяйственных и водоохранных мероприятий, а также

по укрупненным расценкам выполнения различных видов работ.

В качестве источников финансирования водохозяйственных и водоохранных мероприятий Схемы указываются:

- федеральный бюджет;
- бюджет субъекта Российской Федерации;
- местный бюджет;
- средства юридических и физических лиц;
- иные источники финансирования.

Комплексная (интегральная) оценка каждого варианта программы мероприятий осуществляется на основании методик, позволяющих включать в него не только финансово-экономические, но и экологические, социальные факторы.

8. Выбрать и обосновать основной вариант программы мероприятий, подлежащего реализации, определяются этапы реализации программы, разработать систему индикаторов достижения целевых показателей.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
НЕВСКО-ЛАДОЖСКОЕ БАСЕЙНОВОЕ ВОДНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

199004, Санкт-Петербург, В.О., Средний пр., д.26
 телефон: (812) 323-16-82, факс: (812) 328-76-71
 e-mail: water@admiral.ru, slabikov@nlbv.ru

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель Невско-Ладужского
 бассейнового водного управления

Кузнецова А.Б.
 Кузнецова А.Б.



« 29 » 08 20 19 г.

АКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

результатов диссертационной работы Жильниковой Натальи Александровны «Методология и инструментарий обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение)

Составлен в том, что Невско-Ладужское бассейновое водное управление (НЛБВУ) использует научные результаты диссертационных исследований Жильниковой Натальи Александровны, доцента кафедры «Инноватики и интегрированных систем качества» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» для:

- гармонизации технологических и экологических нормативов для водопользователей различных отраслей производства, включая предприятия радиоэлектроники и приборостроения, на геоинформационной основе с применением объединенной базы данных территориального природно-производственного комплекса (ТППК);
- интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в ТППК, включая методы и модели расчета характеристик природной среды, на основе экологически оправданных и экономически обоснованных решений;
- геоинформационного моделирования ТППК по распределению квот нагрузки для отдельных водопользователей;

- установления территориальных, отраслевых и ресурсных нормативов экологической безопасности для различных уровней организации промышленных производств, включая радиоэлектронные и приборостроительные, в рамках ТППК;
- внедрения в практику отделов НЛБВУ новых форматов применения ГИС-проектов для мониторинга и прогнозирования развития ситуаций при различных сценариях распределения техногенной нагрузки по обеспечению экологических стандартов на уровне наилучших доступных технологий и нормативов допустимых сбросов.

Результаты диссертационных исследований Жильниковой Н.А. позволяют перейти на новый уровень принятия решений для водопользователей в масштабах территориальных природно-производственных комплексов с возможностью автоматизации сбора, обработки и предоставления данных.

Зам. руководителя
НЛБВУ



М.М. Князева



АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО

• **ВОДОКАНАЛ-инжиниринг** •

199178, Санкт-Петербург, 17-я линия В.О. д.40
тел/факс: (812) 321-83-90
email: info@vodokanaleng.ru

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
АО «Водоканал-инжиниринг»,
д-р техн.наук, заслуженный работник
ЖКХ и ЕЭС РФ



В.И. Терентьев

«18» 10 2019 г.

АКТ

о внедрении результатов научной работы

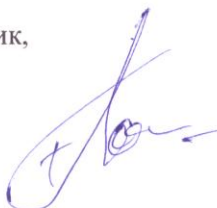
доцента кафедры «Инноватики и интегрированных систем качества» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» кандидата технических наук, доцента Жильниковой Натальи Александровны

Составлен в том, что в АО «Водоканал-инжиниринг» при разработке альтернативных вариантов базовых решений по водоснабжению промышленных и жилищно-коммунальных объектов Ленинградской области и проведении ОКР «Создание программно-информационного и моделирующего комплекса квотирования нагрузки на ГИС основе» использованы следующие результаты научной работы к.т.н., доцента Жильниковой Н.А.:

1. Метод гармонизации технологических и экологических нормативов для предприятий территориального природно-производственного комплекса (ТППК) на геоинформационной основе с применением объединенной базы данных ТППК.
2. Инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в ТППК на уровне основного производства, очистных сооружений и процессов жизненного цикла производства.
3. Методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического управления ТППК с применением программного обеспечения *ArcView GIS* и программного продукта «ГИС-ТППК» для решения задач оценки и прогнозирования уровня антропогенного воздействия с учетом определяющих показателей производственно-технологических процессов.
4. Метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с учетом их уровня экологичности и достижения заданных экологических показателей природной системы с применением геоинформационной онлайн-системы.
5. Метод формирования внутриотраслевых региональных взаимоотношений всех водопользователей ТППК.

Внедрение вышеперечисленных результатов научной работы в АО «Водоканал-инжиниринг» позволило добиться сокращения затрат на технико-экономическое обоснование вариантов перераспределения квот допустимых сбросов для группы предприятий ТППК в пределах отдельных водохозяйственных участков на 14-16%, а также добиться сокращения времени принятия решений при созданных базах данных в 2-2,5 раза.

Главный научный сотрудник,
д-р мед.наук



С.А. Лопатин

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель научного и образовательного
направлений СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
доктор технических наук, профессор

М.С. Курриянов

«18» 20__ г.

**АКТ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ**

материалов диссертационной работы Жильниковой Натальи Александровны
«Методология и инструментарий обеспечения экологичности
радиоэлектронных и приборостроительных производств»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и
приборостроение)

Настоящим актом подтверждаю, что результаты диссертационной работы
«Методология и инструментарий обеспечения экологичности
радиоэлектронных и приборостроительных производств» Жильниковой
Натальи Александровны:

- методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического управления ТППК с применением программного обеспечения ArcView GIS и программного продукта «ГИС-ТППК»;
- информационно-алгоритмическое обеспечение нормирования нагрузки от приборостроительных и радиоэлектронных производств в едином пространственном природно-производственном комплексе

использованы в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) в учебно-научном центре «ГИС технологии» в качестве учебно-методического дополнения к образовательным средствам, предусмотренным образовательной программой по направлению подготовки «Приборостроение», реализуемой на кафедре Информационно-измерительных систем и технологий (ИИСТ), в рамках программ магистратуры «Локальные измерительно-вычислительные системы» и «Адаптивные измерительные системы».

Заведующий кафедрой ИИСТ
проф., д.т.н.

В.В. Алексеев



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»
 (ГУАП)

Санкт-Петербург

№ _____



УТВЕРЖДАЮ
 Ректор ГУАП

Ю.А. Антохина

«27» 01 20 20 г.

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

результатов диссертационной работы

Жильниковой Натальи Александровны

«Методология и инструментарий обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности

05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение)

Комиссия в составе:

Председатель – заместитель директора института ФПТИ А.Ю. Гулевитский

Члены комиссии: ученый секретарь ФПТИ В.О. Смирнова

профессор кафедры инноватики и интегрированных систем качества

В.А. Грановский

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы «Методология и инструментарий обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук:

- инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в ТППК на уровне основного производства, очистных сооружений и процессов жизненного цикла производства;
- методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического управления ТППК с применением программного обеспечения ArcView GIS и программного продукта «ГИС-ТППК»;
- метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с учетом их уровня экологичности и достижения заданных экологических показателей природной системы с применением геоинформационной онлайн-системы;
- метод формирования внутриотраслевых региональных взаимоотношений всех водопользователей ТППК.

использованы в деятельности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Материалы диссертационной работы Жильниковой Натальи Александровны были использованы в учебном процессе в дисциплинах «Экологический менеджмент», «Интегрированные системы менеджмента качества», «Геоинформационные системы и технологии», «Экологические модели организации природопользования», «Геоинформационные системы в техносферной безопасности», «Моделирование природно-технических систем», читаемых на кафедре № 5 «Инноватики и интегрированных систем качества» для обучающихся по направлениям подготовки «Техносферная безопасность», «Инноватика», «Управление качеством», «Стандартизация и метрология».

Председатель комиссии
зам. директора института ФПТИ,
канд. техн. наук, доцент



А.Ю. Гулевитский

Члены комиссии:
ученый секретарь ФПТИ,
канд. техн. наук



В.О. Смирнова

профессор кафедры
инноватики и интегрированных систем качества,
докт. техн. наук, профессор



В.А. Грановский



**ЦНИИ
«ЭЛЕКТРОНИКА»**
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт экономики, систем управления и информации «Электроника» (АО «ЦНИИ «Электроника»)
127299, г. Москва, ул. Космонавта Волкова, д. 12 эт 10 пом XV ком 6
Тел.: +7 (495) 940-65-00 Факс: +7 (495) 940-65-01

№ 140/19

« 05 » 02 2020

АКТ

**О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОЙ РАБОТЫ
доцента кафедры «Инноватики и интегрированных систем
качества» Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Санкт-
Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения» кандидата технических наук, доцента
Жильниковой Натальи Александровны**

Комиссия в составе:

Председатель: Заместитель генерального директора по науке – директор научного центра АО «ЦНИИ «Электроника», Стрельцов М.Д.

Члены комиссии: 1. Начальник отдела научно-технического планирования РЭП, Стяжкин А.Н., канд. экон. наук
2. Выпускающий редактор журнала «Вопросы радиоэлектроники», Гудилин Д.Ю., канд. техн. наук

составила настоящий акт в том, что в акционерном обществе «ЦНИИ «Электроника» используются следующие результаты научной работы доцента кафедры «Инноватики и интегрированных систем качества» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» кандидата технических наук, доцента Жильниковой Натальи Александровны:

1. Концепция обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств (РПП) на основе эколого-технологической и территориальной природно-климатической дифференциации, и межотраслевого бассейнового синтеза путей ее реализации.
2. Метод гармонизации технологических и экологических нормативов для предприятий радиоэлектроники и приборостроения на геоинформационной основе с применением объединенной базы

данных территориального природно-производственного комплекса (ТППК).

3. Инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейнового нормирования антропогенной нагрузки в ТППК на уровне основного производства, очистных сооружений и процессов жизненного цикла производства.
4. Методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического управления ТППК с применением программного обеспечения ArcView GIS и программного продукта «ГИС-ТППК».
5. Метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с учетом их уровня экологичности и достижения заданных экологических показателей природной системы с применением геоинформационной онлайн-системы.
6. Информационно-алгоритмическое обеспечение нормирования нагрузки от РПП в едином пространственном природно-производственном комплексе.
7. Метод формирования внутриотраслевых региональных взаимоотношений всех водопользователей ТППК.

Внедрение указанных инновационных подходов по реализации научно-методической концепции для отдельных предприятий отрасли в рамках ТППК и отраслевой группы РПП со всеми коммуникациями и оборудованием по единым эколого-технологическим показателям позволяет создавать крупные ГИС-проекты «Экологическое нормирование техногенной нагрузки РПП» для перехода на новый уровень стратегического развития внутриотраслевых и межотраслевых региональных (бассейновых) взаимоотношений водопользователей по уровню квотирования в соответствии с действующим природоохранным законодательством. Для одного из расчетных водных участков численная модель позволила обосновать уменьшение массы загрязняющих веществ на 15-35% в зависимости от набора показателей и интегральной массы сброса сточных вод предприятий радиоэлектроники и приборостроения.

Председатель

Члены комиссии



М.Д. Стрельцов

А.Н. Стяжкин

Д.Ю. Гудилин

«05» 02 20 20г.



•ЛЕНИНЕЦ•

ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ

Россия, 196066, С.-Петербург, Московский пр., 212
Телетайп: 122246 "Радуга". Факс: (812) 379-90-41
Тел.: 378-32-19

•LENINETZ•

HOLDING COMPANY

212 Moskovskiy pr., St.-Petersburg, 196066, Russia
Teletype: 122246 "Raduga". Fax: (812) 379-90-41
Phone: 378-32-19

от 13.04.2020 № 99-05-4/к

от _____



«УТВЕРЖДАЮ»

Президент –
Генеральный конструктор,
к.т.н., д.э.н., профессор

А.А. Турчак Турчак А.А.



АКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

результатов диссертационной работы Жильниковой Натальи Александровны «Методология и инструментарий обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение)

Настоящий акт составлен в том, что новые научные результаты, разработанные и представленные Жильниковой Натальей Александровной в диссертационной работе «Методология и инструментарий обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств»:

– научно-методическая концепция обеспечения экологичности радиоэлектронных и приборостроительных производств (РПП) на основе эколого-технологической и территориальной природно-климатической дифференциации, и межотраслевого бассейнового синтеза путей ее реализации;

– метод гармонизации технологических и экологических нормативов для РПП, основанный на геоинформационных технологиях и объединенной

базы данных территориального природно-производственного комплекса (ТППК);

- инструментарий интегрированного эколого-технологического бассейново-го нормирования антропогенной нагрузки в ТППК на уровне основного и вспомогательного производств, очистных сооружений;

- методики и алгоритмы информационного обеспечения геоинформационного моделирования эколого-технологического управления ТППК;

- метод перераспределения техногенной нагрузки для субъектов ТППК с учетом их уровня экологичности и достижения заданных экологических показателей с применением геоинформационной онлайн-системы;

- информационно-алгоритмическое обеспечение нормирования нагрузки от РПП в едином ТППК;

- метод формирования внутриотраслевых региональных взаимоотношений всех водопользователей ТППК

использованы в алгоритмическом, программно-информационном, прогнозно-ситуационном и эколого-технологическом обеспечении геоинформационной моделирующей системы (ГИМС) предприятий Холдинговой компании «Ленинец» в составе ТППК для эколого-технологического нормирования техногенной нагрузки.

Предложенные Жильниковой Н.А. методы, методики и алгоритмы новых форматов применения ГИМС использованы при обосновании квот допустимой нагрузки на водные объекты для РПП, что сократило затраты на технико-экономическое обоснование на 15-18%.

Зам.гл.конструктора,
начальник НИО-400
ОАО «ЦНПО «Ленинец»,
председатель объединенного
специального диссертационного
совета «ХК «Ленинец»,
д.т.н., доцент

Поляков В.Б.