

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное учреждение  
Научно-исследовательский институт  
«Центр экологической промышленной политики»



*На правах рукописи*

**Щелчков Кирилл Александрович**

**Разработка подходов к эколого-технологическому регулированию  
деятельности промышленных предприятий  
на протяжении их жизненного цикла**

Научная специальность: 1.5.15. Экология (технические науки)

Диссертация на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель  
кандидат технических наук, доцент  
Тихонова Ирина Олеговна

Москва – 2023

## Оглавление

Введение.....	5
1. Система технологического регулирования деятельности промышленных предприятий в сфере охраны окружающей среды.....	16
1.1. Роль концепции наилучших доступных технологий в экологической промышленной политике Российской Федерации .....	16
1.2. Практическое применение принципов наилучших доступных технологий в Российской Федерации .....	31
1.3. Нормы общего действия как инструмент эколого-технологического регулирования .....	38
2. Гипотеза и методы научного исследования .....	51
2.1. Формулирование гипотезы научного исследования .....	51
2.2. Оценка возможностей сближения концепций наилучших доступных технологий и зелёной химии.....	54
2.3. Использование подходов оценки воздействия на окружающую среду и методов экологического аудита промышленных предприятий для решения задач научного исследования .....	61
2.4. Применение подходов бенчмаркинга при оценке экологической и ресурсной эффективности пилотных предприятий .....	66
2.5. Использование подходов ситуационных исследований .....	68
3. Разработка подходов к применению концепции наилучших доступных технологий на различных этапах жизненного цикла промышленных предприятий.....	72
3.1. Учёт требований наилучших доступных технологий при проведении оценки воздействия на окружающую среду .....	72

3.1.1. Особенности реализации процедуры оценки воздействия на окружающую среду в Российской Федерации.....	72
3.1.2. Возможности применения принципов наилучших доступных технологий и экономики замкнутого цикла для сокращения негативного воздействия на окружающую среду в промышленно развитых регионах .....	75
3.1.3. Ситуационное исследование: формирование промышленного симбиоза химических предприятий на основе принципов наилучших доступных технологий .....	78
3.2. Использование принципов наилучших доступных технологий при развитии систем экологического и энергетического менеджмента предприятий.....	87
3.2.1. Система законодательных и нормативных правовых актов в сфере наилучших доступных технологий как основа формирования целей, задач и процедур систем менеджмента предприятий.....	87
3.2.2. Ситуационное исследование: развитие систем экологического и энергетического менеджмента стеклотарного предприятия.....	89
3.2.3. Обоснование применения норм общего действия при нормировании незначительных источников воздействия.....	94
3.3. Использование инструментов эколого-технологического регулирования в контексте выполнения международных обязательств России в сфере охраны окружающей среды .....	100
3.3.1. Анализ порядка исключения российских предприятий из перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона .....	100
3.3.2. Ситуационное исследование: эколого-технологическая модернизация целлюлозно-бумажного предприятия .....	103

3.3.3. Результаты реализации процедуры исключения целлюлозно-бумажного предприятия из перечня экологических «горячих точек» на основании достижения соответствия требованиям наилучших доступных технологий .....	107
3.4. Применение принципов наилучших доступных технологий на стадии вывода технологических процессов из эксплуатации .....	111
3.4.1. Отказ от применения технологических процессов и продукции как закономерный этап эволюции технологий .....	111
3.4.2. Особенности подходов к выводу химических предприятий и технологических процессов из эксплуатации.....	112
3.4.3. Разработка процедуры подготовки к выводу из эксплуатации технологического процесса производства хлора и щелочей методом ртутного электролиза .....	116
3.5. Подготовка информации об экологической и ресурсной эффективности производства с учётом требований наилучших доступных технологий .....	123
3.5.1. Раскрытие экологической информации: рекомендации Глобальной инициативы по отчётности .....	123
3.5.2. Анализ выбранных открытых отчётов об устойчивом развитии: оценка информации об экологической и ресурсной эффективности химических компаний.....	126
3.5.3. Ситуационные исследования как форма открытой отчётности.....	132
Заключение .....	136
Список литературы .....	139
Список сокращений и условных обозначений .....	181
Приложения .....	185

## Введение

**Актуальность темы исследования** определяется тем, что с 2014 г. в Российской Федерации осуществляется переход к технологическому нормированию деятельности крупных промышленных предприятий в сфере охраны окружающей среды на основе концепции наилучших доступных технологий (НДТ). Разработаны законодательные и нормативные правовые акты (НПА), подготовлены, выпущены и последовательно актуализируются информационно-технические справочники НДТ (ИТС НДТ). При этом внимание НПА и исследований, которые проводятся в разных отраслях промышленности, сосредоточено на процедурах выдачи комплексных экологических разрешений (КЭР) объектам негативного воздействия на окружающую среду (ОНВОС), отнесённым к I категории. В I категорию включены все крупные предприятия химической промышленности; для них разработаны отраслевые ИТС НДТ, определены и утверждены приказами Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации технологические показатели НДТ.

Концепция наилучших доступных технологий, тесно связанная с концепциями малоотходных, более чистых, энерго- и ресурсосберегающих технологий, а также с концепцией зелёной химии, представляет собой основу экологической промышленной политики России, направленной на повышение ресурсной эффективности производства и сокращение негативного воздействия на окружающую среду (НВОС). Однако проблемы применения основных положений и принципов НДТ на протяжении жизненного цикла предприятия, от замысла, от формирования идеи о том, какой должна быть намечаемая деятельность, до подготовки к выводу промышленных объектов из эксплуатации, остаётся вне зоны внимания разработчиков НПА и исследователей, работающих в сфере промышленной экологии. При этом именно при «сквозном» применении концепции НДТ технологии и процедуры, отнесённые к наилучшим доступным, и показатели

НДТ, определённые количественно, будут выступать в качестве граничных условий, ориентиров для постановки целей развития промышленных предприятий.

Актуальность научных исследований подтверждается тем, что основные разделы диссертационной работы соответствуют п. 19 распоряжения Правительства Российской Федерации от 19.03.2014 г. № 398-р «О комплексе мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий» (в части: «Обеспечение реализации пилотных проектов внедрения наилучших доступных технологий в субъектах Российской Федерации»). Результаты научных исследований нашли применение при выполнении ряда научно-исследовательских работ НИИ «Центр экологической промышленной политики» и международных проектов, в том числе: «Научное обоснование и разработка подходов к технологическому нормированию источников незначительного негативного воздействия на окружающую среду на основе международно принятых принципов норм общего действия», № г/р 121021600367-3, 2021 г.; «Применение принципов последовательного улучшения экологической и ресурсной эффективности технологических процессов при переходе промышленности к использованию наилучших доступных технологий», № г/р АААА-А20-120060290038-1, 2020 г.; «Разработка научно обоснованных рекомендаций по применению методов наилучших доступных технологий для выполнения международных обязательств Российской Федерации», № г/р АААА-А20-120060290037-4, 2020 г.; «Обоснование применения наилучших доступных технологий для снижения загрязнения Арктического региона», PSI 01/17, 2021–2022 гг.; «Наилучшие доступные технологии как инструмент комплексного предотвращения и контроля загрязнения окружающей среды», OECD 03/17/Act. 2-4, 2018–2021 гг.

### **Степень разработанности темы исследования**

Разработки в сфере НДТ осуществляют исследователи, работающие в области технических и экономических наук. Первоочередное внимание уделяется анализу содержания ИТС НДТ, технологических показателей (выбросов и сбросов загрязняющих веществ), показателей ресурсной эффективности и индикативных показателей выбросов парниковых газов. В России наиболее масштабные исследования в области технологического нормирования в сфере охраны окружающей среды выполнены научными школами проф. С. Н. Бобылева, академика РАН В. П. Мешалкина, проф. Б. Г. Преображенского, проф. П. В. Рослякова, д. э. н. Д. О. Скобелева, академика РАН Г. А. Храмцова, проф. А. Е. Череповицына. В области зелёной химии признанным лидером в России и за рубежом является научная школа чл.-корр. РАН Н. П. Тарасовой. Исследования выполняются в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова, Национальном исследовательском университете ИТМО, Кольском научном центре РАН, Томском государственном университете, Институте химии и химической технологии Сибирского отделения РАН и др. организациях. Аналитические и критические статьи по тематике наилучших доступных технологий и зелёной химии опубликованы проф. И. А. Башмаковым, к. т. н. М. В. Бегаком, д. х. н. А. Г. Бубновым, проф. Е. Г. Винокуровым, д. т. н. Е. Г. Гашо, проф. Т. В. Гусевой, к. т. н. Д. А. Даниловичем, д. т. н. А. И. Захаровым, проф. О. Е. Кондратьевой, проф. Н. Е. Кручининой, проф. Е. С. Локтевой, академиком РАН В. В. Луниным, д. т. н. Д. В. Макаровым, проф. А. В. Малковым, д. т. н. В. А. Маслобоевым, проф. С. В. Мещеряковым, доц. Я. П. Молчановой, проф. И. В. Перминовой, проф. В. С. Петросяном, проф. Е. Н. Потаповой, д. т. н. Г. А. Самбурским, доц. А. А. Свитцовым, доц. О. И. Сергиенко, доц. И. О. Тихоновой, проф. Т. О. Толстых, проф. А. Е. Хачатуровым-Тавризяном, проф. М. Г. Хреновой, проф. В. Г. Цирельсоном, проф. А. И. Шинкевичем и др.

учёными. В числе зарубежных центров исследований в сфере технологического регулирования и НДТ лидируют Фламандский центр НДТ (г. Борен, Бельгия), Институт экологической политики (г. Гамбург, Германия), Национальный научный центр Индии (г. Калката), Объединённый институт перспективных исследований (г. Севилья, Испания), Международный центр зелёных технологий (г. Астана, Казахстан), Пекинский центр передовых технологий и инноваций (г. Пекин, Китай), Институт основ химической технологии Академии наук Чешской Республики (г. Прага), Университеты Линчёпинга и Лунда (Швеция).

Число исследований растёт, расширяется и спектр рассматриваемых вопросов, однако аспекты применения концепции НДТ на протяжении жизненного цикла предприятий (в том числе – химических) остаются нераскрытыми.

**Цель исследования** заключается в разработке подходов к применению концепции наилучших доступных технологий в качестве основы эколого-технологического регулирования на протяжении жизненного цикла предприятий, реализующих химико-технологические процессы производства продукции.

В порядке достижения поставленной цели сформулированы следующие логически взаимосвязанные **задачи**:

– выполнить анализ основных инструментов технологического нормирования в сфере охраны окружающей среды; определить особенности их использования в разных отраслях (прежде всего – в химической промышленности) и на различных объектах НВОС;

– определить порядок применения концепции НДТ для рассмотрения альтернативных вариантов развития намечаемой деятельности и выбора технологических решений в рамках процедуры оценки воздействия на окружающую среду;



– разработать предложения по использованию НДТ, технологических показателей и показателей ресурсной эффективности при развитии систем экологического и энергетического менеджмента с учётом применимых требований НДТ, а также близких к ним требований норм общего действия (НОД);

– доказать целесообразность учёта результатов реализации программ эколого-технологической модернизации и достижения требований НДТ в контексте выполнения международных обязательств Российской Федерации в сфере охраны окружающей среды;

– идентифицировать особенности использования НДТ и разработки соответствующих процедур при выводе технологических процессов (или предприятий) из эксплуатации;

– определить роль концепции НДТ при совершенствовании процессов подготовки и распространения информации об экологической и ресурсной эффективности производства (в том числе в рамках развития социально-экологической отчётности).

### **Методология и методы исследования**

Теоретическую и методологическую базу работы составляют фундаментальные и прикладные труды отечественных и зарубежных исследователей, которые создали основы промышленной экологии, зелёной химии, концепции наилучших доступных технологий и современной экологической промышленной политики. При выполнении исследования использованы методы, характерные для процедуры оценки воздействия на окружающую среду; подходы экологических ситуационных исследований; экологического и энергетического аудита промышленных предприятий; бенчмаркинга экологической и ресурсной эффективности производства (применительно к пилотным отраслям и проектам внедрения НДТ).

**Исследование соответствует** п. 8 паспорта научной специальности 1.5.15. «Экология» (отрасль наук – технические): «Разработка принципов

и механизмов, обеспечивающих устойчивое развитие общества при сохранении биоразнообразия и стабильного состояния природной среды».

**Научная новизна** заключается в том, что автором впервые разработаны подходы к использованию концепции наилучших доступных технологий для совершенствования эколого-технологического регулирования деятельности промышленных предприятий на протяжении их жизненного цикла, в рамках чего:

- на основании результатов анализа международных и отечественных инструментов эколого-технологического регулирования и обобщения характеристик НДТ и норм общего действия (НОД), разработана классификация НОД и сформулированы рекомендации по применению НОД для регулирования источников незначительного НВОС, функционирующих на площадках крупных промышленных предприятий;

- обоснована необходимость использования концепции НДТ и предложен порядок применения ИТС НДТ при проведении процедуры оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и выборе альтернативных технологических решений реализации намечаемой деятельности;

- разработаны подходы к обоснованию целей и задач повышения экологической и энергетической эффективности в рамках развития систем экологического (СЭМ) и энергетического менеджмента (СЭнМ) крупных промышленных предприятий отраслей промышленности, отнесённых в Российской Федерации к областям применения НДТ;

- предложена модифицированная процедура исключения промышленных предприятий из Перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона с учётом результатов реализации программ эколого-технологической модернизации и достижения соответствия требованиям НДТ;

– показано, что с учётом принципов зелёной химии требования наилучших доступных технологий следует устанавливать к этапам подготовки к выводу из эксплуатации устаревших технологических процессов (прежде всего тех, при реализации которых применяются или образуются опасные химические вещества);

– предложены подходы к применению концепции НДТ для повышения объективности и сопоставимости информации об экологической и ресурсной эффективности производства в рамках развития социально-экологической отчётности и выполнения пилотных ситуационных исследований.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы определяется тем, что в ней впервые обоснована необходимость применения основных научных положений и принципов концепции наилучших доступных технологий для совершенствования эколого-технологического регулирования деятельности промышленных предприятий на протяжении их жизненного цикла.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в возможности использования её результатов для (1) совершенствования процедуры ОВОС намечаемой деятельности в отраслях, отнесённых к областям применения НДТ; (2) обоснования целевых показателей развития СЭМ и СЭнМ промышленных предприятий; (3) разработки программ проведения экологических ситуационных исследований, в том числе в регионах размещения химических предприятий.

Модифицированная автором процедура исключения промышленных предприятий из Перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона на основании результатов выполнения программ эколого-технологической модернизации и достижения требований НДТ реализована в 2020–2021 гг. для объектов целлюлозно-бумажной

промышленности, горно-химического комплекса и для предприятий, эксплуатирующих централизованные системы водоотведения городов.

Результаты диссертационной работы используются также при проведении курсов повышения квалификации кадров в сфере наилучших доступных технологий и норм общего действия на базе АНО ДПО «Центр экологического аудита и менеджмента».

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Классификация норм общего действия как инструментов технологического регулирования источников негативного воздействия на окружающую среду, охватывающая: (1) НОД для источников незначительного НВОС; (2) НОД, разъясняющие особенности применения отраслевых справочников по НДТ для сокращения негативного воздействия на атмосферный воздух и (или) водные объекты; (3) НОД, представляющие собой процедуры экологического менеджмента, в том числе применимые при подготовке к выводу из эксплуатации технологических процессов, в которых используются и (или) образуются опасные химические вещества.

2. Порядок применения ИТС НДТ в (1) процедурах оценки воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности и (2) программах развития систем экологического и энергетического менеджмента промышленных предприятий в части обоснования целевых показателей повышения эффективности.

3. Модифицированная процедура исключения российских предприятий из Перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона, предусматривающая учёт результатов реализации программ эколого-технологической модернизации и достижения соответствия требованиям НДТ.

4. Обоснование целесообразности включения в российские ИТС НДТ процедур подготовки к выводу из эксплуатации технологических процессов

и (или) промышленных предприятий, где используются и (или) образуются опасные химические вещества.

5. Рекомендации по использованию показателей НДТ при подготовке сведений об экологической и ресурсной эффективности российских химических предприятий, включаемых в документы публичной нефинансовой отчётности.

### **Личный вклад автора**

Автором осуществлён поиск и проведён анализ литературных источников, информация которых положена в основу аналитического обзора по теме работы; разработана классификация норм общего действия, потенциально применимых для эколого-технологического регулирования деятельности российских предприятий; выполнено обследование промышленных площадок пилотных предприятий, собраны, проанализированы и систематизированы необходимые данные об экологической и ресурсной эффективности производства и системах менеджмента; разработаны и актуализированы два национальных стандарта (ГОСТ Р серии 113 «Наилучшие доступные технологии» и серии 231 «Ресурсосбережение»). Разработанная автором классификация норм общего действия зарегистрирована в виде электронного ресурса (свидетельство о регистрации № 25094 от 13.01.2023 г.). Автором выполнен анализ полученных результатов и подготовлены материалы для опубликования научных статей в рецензируемых изданиях.

**Достоверность и обоснованность** исследований, положений, выводов и рекомендаций обеспечивается применением основных положений концепций устойчивого развития, наилучших доступных технологий и зелёной химии, а также современных принципов технологического регулирования в сфере охраны окружающей среды. Предложенные прикладные и теоретические выводы по диссертационной работе прошли экспертную оценку отечественных и зарубежных учёных, были обсуждены

на международных и всероссийских научных конференциях и нашли практическое применение.

### **Апробация результатов исследования**

Основные результаты диссертационного исследования обсуждены на XI Международной научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития» (2022 г., г. Апатиты, Лузинские чтения); Всероссийской научно-практической конференции «Россия в XXI веке в условиях глобальных вызовов: проблемы управления рисками и обеспечения безопасности социально-экономических и социально-политических систем и природно-техногенных комплексов» (2022 г., г. Москва, Комиссия РАН по изучению научного наследия выдающихся учёных); XIV Международной научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития» (2022 г., г. Москва, РХТУ им. Д. И. Менделеева); XVI Международной научно-практической конференции «Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование» (2021 г., г. Красноярск); Всероссийской конференции «Ломоносовские чтения» (2020 г., г. Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова); Международной научной конференции «Хачатуровские чтения» (2020–2022 гг., г. Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова); Международной конференции «Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Экосистемы и климат Арктической зоны» (2021 г., г. Москва, Институт глобального климата и экологии имени Ю. А. Израэля); ежегодных Международных конференциях Организации экономического сотрудничества и развития «Наилучшие доступные технологии для предотвращения и контроля загрязнения окружающей среды» (2017–2021 гг.); серии международных экспертных семинаров «Наилучшие доступные технологии и экологические «горячие точки» Баренцева Евро-Арктического региона» (2018–2021 гг., гг. Архангельск, Москва, Мурманск, Нарьян-Мар, Петрозаводск, Санкт-Петербург, Сыктывкар).

### **Публикации**

Основные положения диссертации отражены в 28 публикациях, в том числе, в 13 статьях в рецензируемых научных изданиях, включённых в базы цитирования Web of Science и Scopus, и 3 статьях в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК) при Минобрнауки России для опубликования основных результатов научных исследований. Все публикации подготовлены в соавторстве.

### **Объём и структура работы**

Основной текст диссертации изложен на 184 страницах; состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы, включающего 302 наименования (в том числе 80 на иностранных языках), списка сокращений и условных обозначений; содержит 36 рисунков и 11 таблиц; дополнен 3 приложениями (на 36 страницах).

## **1. Система технологического регулирования деятельности промышленных предприятий в сфере охраны окружающей среды**

### **1.1. Роль концепции наилучших доступных технологий в экологической промышленной политике Российской Федерации**

Государственная экологическая политика – это меры, предпринимаемые правительством для регулирования воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду, направленные прежде всего на предотвращение или сокращение негативного воздействия. «Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года» были приняты в 2012 г. [17]. Стратегическая цель этой политики сформулирована следующим образом: «Решение социально-экономических задач, обеспечивающих экологически ориентированный рост экономики, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, реализации права каждого человека на благоприятную окружающую среду, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности» [17]. В число задач политики в области экологического развития включены такие, как «внедрение и применение малоотходных и ресурсосберегающих технологий и оборудования» и «осуществление поддержки технологической модернизации, обеспечивающей уменьшение антропогенной нагрузки на окружающую среду, неистощительное использование возобновляемых и рациональное использование невозобновляемых природных ресурсов» [17].

В 2014 г. было выпущено распоряжение Правительства «Об утверждении комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий» [24] и утверждена программа перехода к технологическому регулированию деятельности промышленных предприятий, основанному на принципах наилучших доступных



технологий [24]. Тем самым было положено начало формированию экологической промышленной политики Российской Федерации – политике повышения ресурсной эффективности экономики (и прежде всего промышленности) [144]. Мы ещё обратимся к этой позиции, которая получила отражение не только в научных статьях, но и в диссертационных работах, защищённых в последнее время [145, 188].

Несмотря на то, что советские и российские учёные и инженеры внесли огромный вклад в развитие таких взаимосвязанных концепций, как безотходные, малоотходные, более чистые и наилучшие доступные технологии [102, 134, 135, 207, 208], НДТ нередко воспринимаются как сторонние, привнесённые в систему эколого-технологического регулирования извне [175], нереалистичные, недостижимые [204], требующие чрезмерных затрат на внедрение [75] и др.

Рассмотрим особенности эволюции концепции НДТ и её применения для целей эколого-технологического регулирования.

Вопросы регулирования взаимодействия человечества с окружающей средой стали особенно актуальными в середине XX в., когда широкая общественность в промышленно развитых странах узнала о последствиях накопления тяжёлых металлов в аквабионтах в результате поступления загрязнённых соединениями ртути промышленных сточных вод в водные объекты [279], а также эмиссий значительных количеств токсичных веществ в атмосферный воздух в результате аварий [261] или нарушений правил эксплуатации промышленного оборудования [301]. Итогом стало введение правительствами многих государств правил, которые запрещали использование опасных веществ в хозяйственной деятельности или предписывали максимальные уровни эмиссий конкретных веществ для обеспечения приемлемого качества окружающей среды.

Например, в СССР был принят «Закон об охране атмосферного воздуха» [9] и ГОСТ 7.2.3.02-78 «Правила установления допустимых

выбросов вредных веществ промышленными предприятиями» [49], в которых, в частности было указано: «Предприятия, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, независимо от времени ввода их в действие, должны быть оснащены сооружениями, оборудованием и аппаратурой для очистки выбросов в атмосферу и средствами контроля за количеством и составом выбрасываемых загрязняющих веществ»; «Очистка выбросов ... не должна приводить к загрязнению почв или водных объектов» [9]. Эту позицию следует считать отражением принципа комплексного предотвращения и контроля загрязнения [67], то есть, принятия мер, которые обеспечивают защиту окружающей среды в целом (всех её компонентов).

В США были приняты акты о регулировании выбросов загрязняющих веществ в воздух и их сбросов в водные объекты [242, 243] от крупных организованных источников (прежде всего, расположенных на площадках промышленных предприятий); в экологическое законодательство было введено понятие «наилучшая доступная технология контроля» как метод очистки отходящих газов или сточных вод, тип средозащитного оборудования, устанавливаемого на источнике выброса или сброса загрязняющих веществ («на конце трубы»), обеспечивающего сокращение негативного воздействия до предписанных законодательством уровней [67]. Комплексное предотвращение (P2) загрязнения рассматривалось при этом как один из основополагающих принципов регулирования деятельности промышленных предприятий [241].

То есть, в 1980–1990-е гг. наметился перенос акцента от решений «на конце трубы» к комплексному предотвращению и контролю загрязнения<sup>1</sup> (см. рисунок 1.1.1). Постепенно, начав от контроля поступления конкретных

---

<sup>1</sup> Контроль здесь означает сокращение негативного воздействия, например, снижение выбросов загрязняющих веществ путём применения методов очистки отходящих газов. Предотвращение предполагает использование основных технологических процессов, функционирование которых позволяет предотвратить (по крайней мере, минимизировать) эмиссии загрязняющих веществ, потерь и отходов.

(приоритетных) загрязняющих веществ, система регулирования начала расширяться, предусматривать снижение загрязнения в целом, внедрение наилучших доступных технологий, повышение ресурсной эффективности, формирование экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) [78, 209]. В последнее время внимание исследователей привлекают возможности учёта экосистемных услуг при установлении требований к хозяйствующим субъектам; в настоящее время этот аспект, равно как и учёт социальных интересов, получает отражение в добровольной деятельности крупнейших компаний, в так называемых наилучших экологических практиках [296], а также в публичной нефинансовой отчётности [64, 105] (подробнее это обстоятельство обсуждается в разделе 3.5).



Рисунок 1.1.1 – Эволюция подходов эколого-технологического регулирования (*составлен автором*)

В ведущих экономиках мира вопросы предотвращения и контроля негативного воздействия на окружающую среду относятся к середине XX в.

Научные разработки и обоснование концепции предотвращения и контроля загрязнения (Pollution Prevention and Control) велись одновременно в Великобритании, Германии, Нидерландах, Норвегии, Швеции. Постепенно уточнялось понятие наилучших доступных технологий (или методов, практик, технических методов). В 1980-х гг. стали уделять внимание экономическим аспектам НДТ; получили развитие подходы НДТ, использование которых не влечёт за собой избыточных расходов (Best Available Technique Not Entailing Excessive Costs, BATNEEC) [67]. В России термин «наилучшая существующая технология» был включён в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» [10]; подразумевалось, что это «технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющая установленный срок практического применения с учётом экономических и социальных факторов» [67]. Постепенно разрабатывались и принимались нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации; Правительство города Москвы одним из первых выпустило постановление «О повышении энергетической эффективности экономики путём внедрения наилучших доступных технологий» [299].

Активную роль в разработке подходов к предотвращению и сокращению негативного воздействия на окружающую среду играли советская и российская научная школа промышленной экологии; в 1980-х гг. советские исследователи рассматривали вопросы предотвращения выбросов и сбросов загрязняющих веществ через призму применения ресурсосберегающих и малоотходных технологических решений, при которых воздействие на окружающую среду снижалось за счёт более эффективного использования меньшего количества сырьевых материалов, воды и энергии [134, 135, 139, 170, 177, 202, 217].

Коллектив учёных из Государственного комитета СССР по охране природы, применяя комплексный подход к предотвращению и контролю загрязнения окружающей среды, разработал стандарт, устанавливающий основные требования к построению, изложению, оформлению и содержанию так называемого Экологического паспорта промышленного предприятия [50]. В структуре паспорта было предусмотрено большинство разделов, характерных для комплексного экологического разрешения (см. раздел 1.2), однако должное внимание к технологическим процессам не прослеживается; предполагалось, что описание технологий осложнит восприятие документа экологами предприятий и государственных органов [154].

Отметим, что наиболее последовательно концепция комплексного предотвращения и контроля загрязнения развивалась в странах Западной Европы, а позже и Европейского союза, где ещё в 1996 г. была принята соответствующая директива, установившая обязательное регулирование воздействия на окружающую среду крупных промышленных предприятий на основе концепции наилучших доступных технологий [67]. В 2010 г. была принята новая, уточнённая директива о промышленных эмиссиях [228], в которой было дано определение НДТ как ключевого элемента экологической политики, используемого на практике для предотвращения и контроля загрязнения окружающей среды (см. рисунок 1.1.2). Это определение получило широкое распространение и рассматривается, в частности, в качестве основного, наиболее полного и дающего чёткое разъяснение концепции НДТ с точки зрения экологической политики, в рамках международного проекта Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) «Наилучшие доступные технологии как инструмент предотвращения и контроля промышленного загрязнения», выполняемого при участии экспертов десятков стран мира (см., например, [155]).

Наилучшие доступные технологии – наиболее эффективные новейшие разработки для различных видов деятельности, процессов и способов функционирования, которые свидетельствуют о практической целесообразности использования конкретных технологий в качестве базы для установления разрешений на выбросы / сбросы (загрязняющих веществ) в окружающую среду с целью предотвращения загрязнения, или, когда предотвращение практически невозможно, минимизации выбросов / сбросов в окружающую среду в целом.

Под «технологией» понимается как используемая технология, так и способ, с помощью которого объект спроектирован, построен, эксплуатируется и выводится из эксплуатации.

Под «доступной» понимается технология, которая достигла уровня, позволяющего обеспечить её внедрение в соответствующем секторе промышленности с учётом экономической и технической обоснованности, принимая во внимание затраты и преимущества; при этом субъект хозяйственной деятельности, на котором предполагается внедрение такой технологии, должен иметь к ней доступ, вне зависимости от того, где разработана обсуждаемая технология.

Под «наилучшей» понимается технология, основанная на достижении общего высокого уровня защиты окружающей среды.

Критерии выбора наилучших доступных технологий:

- применение малоотходных процессов;
- возможность снижения эмиссий, связанных с технологическими процессами;
- использование в технологических процессах веществ, в наименьшей степени опасных для человека и окружающей среды; отказ от применения особо опасных веществ;
- рациональное потребление сырья, материалов и воды;
- обеспечение высокой энергоэффективности;
- снижение вероятности аварий;
- возможность регенерации и повторного использования веществ, используемых в технологических процессах;
- свидетельства предыдущего успешного применения в промышленных масштабах сопоставимых процессов, установок, методов управления;
- сроки ввода в эксплуатацию для новых и существующих установок;
- экономическая приемлемость для отрасли.

Рисунок 1.1.2 – Основное содержание понятия «наилучшие доступные технологии» и критерии выбора таких технологий: международные подходы (составлен автором на основе [225, 249, 250])

В 2008 г. в рамках Межпарламентской Ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств (СНГ) был разработан Модельный закон «О предотвращении и комплексном контроле загрязнений окружающей среды» [7], в котором на территории СНГ была введена концепция НДТ как инструмента экологического регулирования, предназначенного для выдачи комплексных разрешений на допустимое воздействие на окружающую среду. Модельный закон был использован при разработке законодательства по НДТ в Республике Беларусь, Республике Казахстан и в Российской Федерации. В ходе дискуссии, организованной в рамках уже упомянутого проекта ОЭСР, о применении подходов Модельного закона наряду с подходами Директивы о промышленных эмиссиях сообщили эксперты из Республики Грузия и Республики Узбекистан.

В настоящее время НДТ или сходные концепции используются для эколого-технологического регулирования в сфере охраны окружающей среды во многих странах мира; по экспертным оценкам вклад этих стран в валовой мировой продукт достигает 75 % (рисунок 1.1.3).

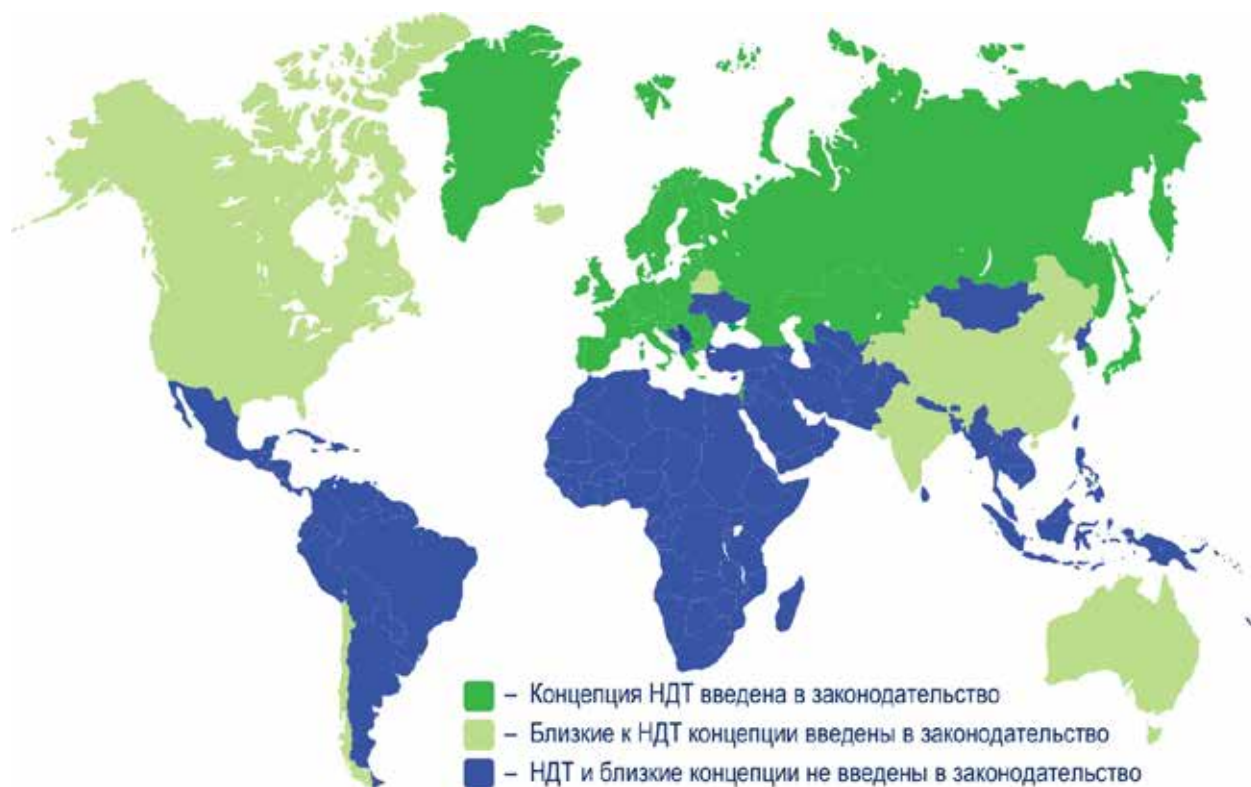


Рисунок 1.1.3 – Распространение концепции наилучших доступных технологий в мире (источник: [180])

С начала 1970-х гг. основным форумом для международных переговоров и соглашений по экологической политике стала Организация Объединённых Наций (ООН) За первой – Стокгольмской конференцией (1972 г.) [126] последовали саммиты Конференции ООН по окружающей среде (ЮНЕП) в Рио-де-Жанейро в 1992 г. и 2012 г. [125, 127] и в Йоханнесбурге в 2002 г. [85]. За 50 лет ЮНЕП стала движущей силой обеспечения «экологического измерения» международно принятой концепции устойчивого развития [288].

Концепция НДТ рассматривается как ключевой инструмент выполнения условий многих международных конвенций и соглашений

по охране окружающей среды, в том числе, направленных на обеспечение достижения целей устойчивого развития [184]:

- Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря (ХЕЛКОМ, 1992 г.) [2];
- Конвенция по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (ОСПАР, 1992 г.) [3];
- Конвенция о защите Чёрного моря от загрязнения (Бухарестская конвенция, 1992 г.) [1];
- Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязняющих веществах (Стокгольмская конвенция, 2001 г.) [6];
- Рамочная конвенция по защите морской среды Каспийского моря (Тегеранская конвенция, 2003 г.) [5];
- Минаматская конвенция о ртути (Минамата, 2013 г.) [4].

НДТ могут быть описаны в этих документах как наилучшие доступные технологии (technologies), технические методы (techniques), практики или методы (practical means), но это не меняет сути принципов, которые изложены в международных документах. Каждое из рассматриваемых международных соглашений обладает своей спецификой, поэтому для обеспечения соответствия требованиям этих документов разрабатываются специальные рекомендации.

Например, в поддержку выполнения Стокгольмской конвенции в рамках ЮНЕП были разработаны руководства по наилучшим доступным технологиям и наилучшим экологическим практикам в 2006–2008 гг. [265], содержащие необходимые сведения о мерах предотвращения и сокращения выбросов стойких органических загрязняющих веществ.

В законодательном поле Российской Федерации понятие НДТ было официально закреплено в 2014 г. как элемент экологической политики с принятием Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты



Российской Федерации» от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ [13]; в настоящее время положения № 219-ФЗ получили полное отражение в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» [11]. Естественно, основное «наполнение» понятия имеет отношение к экологической политике, к охране окружающей среды и к выдаче комплексных экологических разрешений (см. рисунок 1.1.4).



Рисунок 1.1.4 – Основные термины, источники информации и критерии определения наилучших доступных технологий в Российской Федерации (составлен автором на основе [11, Ст. 1, Ст. 28.1; 51])

Российские эксперты с конца 1990-х гг. подчёркивали, что понятие НДТ включает как саму технологию (технологический процесс), так и технические решения (средозащитную технику), так и системы экологического и энергетического менеджмента [269]. Наиболее ёмкое определение дано в работах Д. О. Скобелева и С. Н. Бобылева: «Наилучшие доступные технологии – это совокупность технологических, технических и управленческих решений, направленных на повышение

ресурсной и экологической эффективности промышленности экономически целесообразными способами. НДТ представляют собой движущую силу эколого-технологической модернизации промышленности, обеспечения высокой эффективности и конкурентоспособности производства, достижения национальных целей развития, сокращения негативного воздействия на окружающую среду» [71, 186, 188].

Регулирование на основе НДТ обязательно в отношении всех крупных промышленных предприятий I категории НВОС; к этой категории отнесены многие объекты, реализующие химико-технологические процессы производства, в том числе предприятия химической, нефте- и газохимической, целлюлозно-бумажной промышленности, а также предприятия, которые производят цемент, известь, керамику и стекло [18] (рисунок 1.1.5).

В Российской Федерации сведения об НДТ (описание технологий, технических и управленческих решений, отнесённых к НДТ) и о численных показателях (показателях эмиссий – выбросов и сбросов загрязняющих веществ), а также ресурсной (в том числе энергетической) эффективности систематизированы в специальных документах национальной системы стандартизации – информационно-технических справочниках по наилучшим доступным технологиям (ИТС НДТ)<sup>2</sup>, которые разрабатывались в 2015–2017 гг. в соответствии с распоряжением Правительства РФ от 31.10.2014 г. № 2178-р «Об утверждении поэтапного графика создания в 2015–2017 гг. отраслевых справочников наилучших доступных технологий» [27]. Актуализация ИТС осуществляется поэтапно с учётом графика, установленного распоряжением Правительства РФ от 30.04.2019 г. № 866-р [26]. В разработке и актуализации ИТС НДТ принимают участие ведущие российские учёные и инженеры (в том числе, сотрудники Российского химико-технологического университета имени

---

<sup>2</sup> Все информационно-технические справочники размещены в открытом доступе на официальном сайте Бюро наилучших доступных технологий – <https://burondt.ru/itc>.

Д. И. Менделеева, Казанского национального исследовательского технологического университета, Ивановского государственного химико-технологического университета и др.), представители федеральных органов исполнительной власти, промышленных предприятий, консультационных компаний. ИТС НДТ утверждаются приказами Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).



**Информационно-технические справочники**

**Перечень информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям для отраслей, предприятия которых реализуют химико-технологические процессы производства продукции**

№	Наименование ИТС НДТ	Аббре-виатура	Статус	2015-2017	2019	2020	2021	2022	2023
1	Целлюлозно-бумажное производство	ЦБП	Утверждён	✓				✓	
2	Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот	НРК	Утверждён	✓	✓			✓	
4	Производство керамических изделий	КЕРАМ	Актуализация	✓					✓
5	Производство стекла	СТК	Утверждён	✓				✓	
6	Производство цемента	ЦЕМ	Утверждён	✓				✓	
18	Производство основных органических химических веществ	ООВ	Актуализация	✓	✓				
19	Производство твёрдых и других неорганических химических веществ	НЕОРГ	Утверждён	✓		✓			
30	Переработка нефти	ПН	Утверждён	✓			✓		
31	Производство продукции тонкого органического синтеза	ТОС	Утверждён	✓			✓		
32	Производство полимеров, в том числе биоразлагаемых	ПОЛИМ	Утверждён	✓				✓	
33	Производство специальных неорганических химикатов	СПЕЦХ	Утверждён	✓		✓			
34	Производство прочих основных неорганических химических веществ	ПРНХВ	Утверждён	✓		✓			
50	Переработка природного и попутного газа		Утверждён	✓					

Рисунок 1.1.5 – Информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям для отраслей, предприятия которых реализуют химико-технологические процессы производства продукции (составлен автором на основе материалов официального сайта Бюро наилучших доступных технологий – <https://burondt.ru/>)

Выбор в пользу Росстандарта был сделан в 2010–2014 гг., он обусловлен тем, что агентство, будучи подведомственной организацией Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторга России), владеет информацией о состоянии отраслей промышленности, о наиболее распространённых технологических процессах и новых разработках, что позволяет поддерживать ИТС целым корпусом стандартов, уточняющих и разъясняющих особенности применения конкретного ИТС или группы ИТС для целей государственного регулирования [72, 84].

В 2014 г. по инициативе Российского бюро НДТ был создан профильный Технический комитет по стандартизации ТК 113 «Наилучшие доступные технологии», призванный поддерживать разработку, актуализацию и опубликование документов по стандартизации, связанных с наилучшими доступными технологиями. В рамках своей деятельности на конец 2022 г. ТК 113 разработал систему стандартов НДТ, состоящую из более чем 65 документов [200], посвящённых различным вопросам внедрения наилучших доступных технологий.

В целом, корпус стандартов серии «Наилучшие доступные технологии» можно разделить на методические стандарты, описывающие и разъясняющие такие общие вопросы, как рекомендации по описанию НДТ в информационно-технических справочниках [55], и частные, детализирующие документы по стандартизации, например, устанавливающие правила осуществления производственного экологического контроля при производстве цемента [57]. Разработка проектов ИТС осуществляется по разделам в соответствии со структурой ИТС, установленной национальным стандартом [51] и содержит основные структурные элементы, представленные на рисунке 1.1.6.

Таким образом, в России сформирована единая система документов по стандартизации в области НДТ – информационно-технических

справочников и национальных стандартов. Эта система привлекает внимание международных организаций: методические подходы детально проанализированы экспертами ОЭСР в рамках выполнения проекта по наилучшим доступным технологиям [11]. Технологические показатели наилучших доступных технологий устанавливаются особыми документами в области охраны окружающей среды [11] – приказами Минприроды России для большинства отраслей и постановлением Правительства Российской Федерации для предприятий, обеспечивающих очистку хозяйственно-бытовых сточных вод [22, 159].



Рисунок 1.1.6 – Типовая структура российского отраслевого информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям (составлен автором на основе [180, 188])

Ключевая особенность российской системы регулирования на основе НДТ заключается в значительной роли Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, поскольку именно этот федеральный орган исполнительной власти координирует стимулирование деятельности по использованию наилучших доступных технологий в промышленном производстве [15] и определение «технологических процессов,

оборудования, технических способов, методов в качестве наилучшей доступной технологии для конкретной области применения, утверждение методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии и создание технических рабочих групп, которые включают экспертов заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, государственных научных организаций, коммерческих и некоммерческих организаций, в том числе государственных корпораций» [23].

Именно участие двух регуляторов – Минприроды и Минпромторга России – определяет облик экологической промышленной политики, которая в России рассматривается как категория развития, а не как система запретов и ограничений (что характерно для ряда стран, где концепция НДТ используется исключительно в целях выдачи экологических разрешений). То есть, в России НДТ представляют собой элемент промышленной политики, под которой понимается «комплекс организационно-правовых, экономических и других мер, направленных на развитие промышленного потенциала России» [144, 189, 192]. Модель экологической промышленной политики как «горизонтального» компонента государственной политики Российской Федерации, важнейшей составляющей которой является концепция наилучших доступных технологий [188], разработана Д. О. Скобелевым [188]. В упрощённом виде взаимосвязь нормативных правовых актов и документов по стандартизации, определяющих подходы к практическому применению концепции НДТ для эколого-технологического регулирования и модернизации российской промышленности, представлена на рисунке 1.1.7.

Таким образом, с 2014 г. в Российской Федерации технологическое регулирование в области охраны окружающей среды осуществляется на основе концепции НДТ. С 2019 г. объекты I категории НВОС готовят обоснования и получают комплексные экологические разрешения;

в настоящее время многие заинтересованные стороны считают именно получение КЭР основным направлением использования ИТС НДТ.



Рисунок 1.1.7 – Взаимосвязь нормативных правовых актов и документов по стандартизации в сфере экологической промышленной политики (составлен автором с использованием [180, 183])

## 1.2. Практическое применение принципов наилучших доступных технологий в Российской Федерации

Для Российской Федерации характерно деление объектов негативного воздействия на окружающую среду на четыре большие категории [18]:

- I категория – объекты, оказывающие значительное НВОС и относящиеся к областям применения НДТ;
- II категория – объекты, оказывающие умеренное НВОС, применение НДТ опционально;
- III категория – объекты, оказывающие незначительное НВОС;
- IV категория – объекты, оказывающие минимальное НВОС.

Предполагалось, что в 2019–2022 гг., в соответствии с требованиями законодательства, триста первых ОНВОС, вклад которых в суммарные выбросы и сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее 60 %, должны получить комплексные экологические разрешения и продемонстрировать соответствие требованиям НДТ [29]. Этот срок перенесён на конец 2024 г. Отраслевая структура «Списка 300» показана на рисунке 1.2.1. Другие объекты I категории также обязаны подать заявки на КЭР (включающие обоснование (описание) применения НДТ), вероятно, переход к эколого-технологическому регулированию завершится в 2026 г.



Рисунок 1.2.1 – Отраслевая структура списка объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, вклад которых в суммарные выбросы и сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее чем 60 % [29] (источник: [180])

В России порядок выдачи КЭР был утверждён в 2019 г. [20], и первые (пилотные) комплексные экологические разрешения были выданы 16 предприятиям, представляющим такие отрасли, как металлургия, добыча полезных ископаемых (руда и уголь), производство цемента, добыча нефти и газа, целлюлозно-бумажное производство и химическая промышленность. Схематически порядок подготовки заявок и выдачи разрешений изображён на рисунке 1.2.2. С 2021 г. в процедуре не принимают участие Федеральная



служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) и Федеральное агентство водных ресурсов Российской Федерации (Росводресурсы).

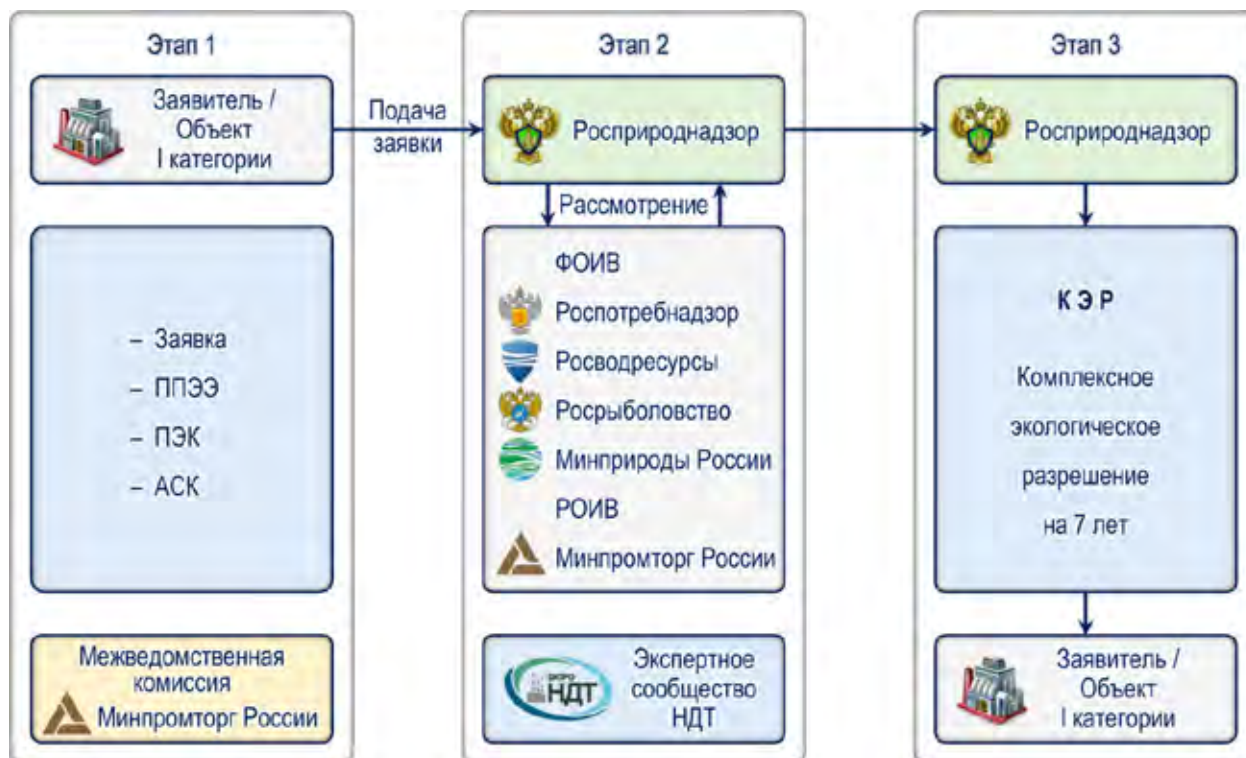


Рисунок 1.2.2 – Разработка и выдача комплексных экологических разрешений (2021–2022 гг.) (составлен автором с использованием [273])

С 2022 г. процедура выдачи КЭР реализуется на онлайн-платформе Государственной информационной системы промышленности (ГИСП), управляемой Минпромторгом России. В 2019–2022 гг. было выдано 123 разрешения. В последующие годы операторам промышленных объектов более чем в 30 отраслях (во всех субъектах Российской Федерации) должно быть выдано более 7200 КЭР. Доля предприятий, реализующих химико-технологические процессы производства, составляет ~10–12 %.

Операторы объектов НВОС, не отвечающих требованиям НДТ (в частности, не достигающих отраслевых технологических показателей), обязаны разрабатывать и внедрять программы повышения экологической эффективности (ППЭЭ). Особенность технологических показателей состоит в том, что устанавливаются они для наиболее существенных, маркерных

веществ (обычно – 4–5 веществ для конкретного технологического процесса). Термин «маркерное вещество» не определён законодательно, но активно используется в научной и научно-технической литературе [97, 99, 143], а также упоминается в нормативных правовых актах и национальных стандартах (см. рисунок 1.2.3).

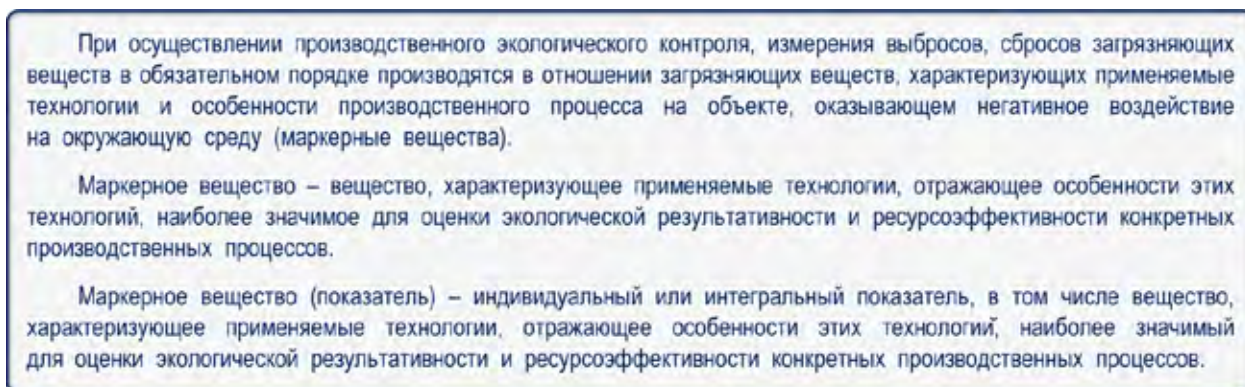


Рисунок 1.2.3 – Подходы к определению понятия «маркерное вещество»  
(составлен автором [11, Ст. 67; 56; 59])

Сокращение числа нормируемых загрязняющих веществ – принципиальный подход НДТ; технологически обусловленными являются немногие вещества (подробнее см. разделы 1.3 и 3.2); остальные могут быть разделены на две группы – (1) вещества I–II классов опасности, нормирование выбросов и сбросов которых осуществляется с учётом санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных (для водных объектов) требований к качеству окружающей среды; и (2) другие вещества, включённые в перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды [34].

Например, для производства цемента в ИТС 6-2022 установлено четыре маркерных вещества; при этом, если предприятия используют отходы в качестве альтернативного топлива (refuse derived fuel, RDF), они обязаны дополнительно включать в программы производственного экологического контроля полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ), которые могут образовываться при сжигании такого топлива [44].

Для производства листового, тарного стекла [43] и керамического кирпича [41] число маркерных веществ – три. Для этих веществ установлены технологические показатели НДТ (см. таблицу 1.2.1).

Таблица 1.2.1 – Маркерные вещества в выбросах в атмосферный воздух при производстве керамических изделий, тарного стекла и цемента

Маркерные вещества	Технологические показатели			
	ИТС 4-2015, кг/т прод.	ИТС 5-2022, кг/т стекломассы		ИТС 6-2022, мг/м <sup>3</sup>
		Тарное стекло		
		Кампания печи до 7 лет	Кампания печи свыше 7 лет	
Взвешенные вещества	–	≤ 1,0	≤ 1,2	≤ 50
Монооксид углерода	≤ 0,8	≤ 0,7	≤ 1,0	≤ 600
Оксиды азота в пересчёте на NO <sub>2</sub>	≤ 0,5	≤ 9,0	≤ 10,0	≤ 500
Диоксид серы	≤ 0,2	–	–	≤ 400

Таблица составлена автором на основе [41, 43, 44].

Для производства аммиака технологические показатели установлены для монооксида углерода и оксидов азота, выбрасываемых в атмосферный воздух при реализации различных технологий (см. таблицу 1.2.2).

Таблица 1.2.2 – Маркерные вещества в выбросах в атмосферный воздух при производстве аммиака

Технологии	Маркерные вещества	Технологические показатели, кг/т продукции
Производство аммиака из природного газа (AM-70, AM-76, ТЕС)	Оксиды азота в пересчёте на NO <sub>2</sub>	≤ 1,89
	Монооксид углерода	≤ 1,41
Производство аммиака из природного газа (Chemico)	Оксиды азота в пересчёте на NO <sub>2</sub>	≤ 1,404
	Монооксид углерода	≤ 1,56
Производство аммиака (в том числе совмещённое с производством метанола) из природного газа с синтезом аммиака под давлением по циркуляционной схеме	Оксиды азота в пересчёте на NO <sub>2</sub>	≤ 0,69
	Монооксид углерода	≤ 0,3
Производство аммиака из природного газа по технологии Linde Ammonia Concept (LAC®)	Оксиды азота в пересчёте на NO <sub>2</sub>	≤ 0,224
	Монооксид углерода	≤ 0,15
Производство аммиака из природного газа на базе технологии KBR (с применением технологии Purifier)	Оксиды азота в пересчёте на NO <sub>2</sub>	≤ 0,40
	Монооксид углерода	≤ 0,78

Таблица составлена автором на основе [40].

Для производства сульфатной целлюлозы маркерные вещества и технологические показатели установлены для выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросов в водные объекты; в перечень маркерных веществ для сточных вод производства белёной целлюлозы включены адсорбируемые галогенорганические соединения (см. таблицу 1.2.3).

Таблица 1.2.3 – Маркерные вещества в производстве сульфатной белёной и небелёной целлюлозы

Маркерные вещества	Среднегодовые значения	
	Небелёная целлюлоза	Белёная целлюлоза
<b>Сбросы в водные объекты</b>		
Химическое потребление кислорода (ХПК), кг/т прод.	≤12,00	≤30,00
Биохимическое потребление кислорода (БПК <sub>полн</sub> ), кг/т прод.	≤0,70	≤1,20
Взвешенные вещества, кг/т прод.	≤1,20	≤1,90
Общий азот (N <sub>общ.</sub> ), кг/т прод.	≤0,40	≤0,40
Общий фосфор (P <sub>общ.</sub> ), кг/т прод.	≤0,04	≤0,04
Адсорбируемые галогенорганические соединения (АОХ), кг/т в.с.ц.	–	≤0,40
<b>Выбросы в атмосферный воздух</b>		
Сероводород, метилмеркаптан, диметилсульфид (суммарно), кг/т прод.	≤0,96	
Пыль от содорегенерационного котла, кг/т прод.	≤1,95	
Пыль от известерегенерационной печи, кг/т прод.	≤0,63	

Таблица составлена автором на основе [38].

Вернёмся к программам повышения экологической эффективности. В соответствии с [11] ППЭЭ должна быть реализована в течение 7 лет; для предприятий, играющих особую социально-экономическую роль в своих регионах (при условии, что 25 % жителей города работают на предприятии или общее число сотрудников составляет 5000 и более человек), ППЭЭ могут быть внедрены в течение 14 лет [11, 82, 142].

В то время как заявки на КЭР рассматриваются Федеральной службой по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), ППЭЭ оцениваются Межведомственной комиссией (МВК) по рассмотрению программ повышения экологической эффективности, координируемой Минпромторгом России (рисунок 1.2.4). В настоящее время доля объектов

НВОС, получающих КЭР с обременением (с условием выполнения ППЭЭ, одобренной Межведомственной комиссией), по разным отраслям варьирует в интервале 10–15 %; однако практически все предприятия по производству цемента и все предприятия, эксплуатирующие централизованные системы водоотведения городов (водоканалы) разрабатывают ППЭЭ, чтобы достичь соответствия требованиям НДТ. В цементной отрасли речь идёт о сокращении выбросов оксидов азота, в очистке сточных вод – о снижении сбросов биогенных веществ [108, 271].



Рисунок 1.2.4 – Разработка и утверждение программ повышения экологической эффективности (составлен автором на основе [82, 273])

ППЭЭ представляют собой программы эколого-технологической модернизации, и выполняющие их предприятия могут претендовать на получение государственной поддержки. В то же время, ППЭЭ можно рассматривать как разновидность программ экологического менеджмента, рекомендации по подготовке которых систематизированы в международных стандартах ISO серии 14000, предписывающих требования по разработке и внедрению систем экологического менеджмента [142, 180]. Однако такой взгляд не получил широкого распространения: внимание специалистов промышленных предприятий сосредоточено на выполнении формальных требований, а гармонизация ППЭЭ и СЭМ и тем более «встраивание»

программ повышения экологической эффективности в системы менеджмента рассматриваются как сложные процессы, не имеющие непосредственного отношения к решению задачи получения КЭР [142].

Как уже отмечено, в 2019–2022 гг. предприятиям было выдано всего 123 комплексных экологических разрешения; в их числе присутствуют объекты, реализующие химико-технологические процессы производства:

- производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот – 2 КЭР;
- производство основных органических веществ – 2 КЭР;
- производство полимеров, в том числе биоразлагаемых – 1 КЭР;
- производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона – 4 КЭР;
- производство цемента – 4 КЭР;
- производство извести – 2 КЭР.

Как уже отмечено, среди этих предприятий есть и те, которые в порядке подготовки к подаче заявки на КЭР разработали программы повышения экологической эффективности. Это главным образом, предприятия целлюлозно-бумажной промышленности и цементные заводы (3 и 4 ППЭЭ соответственно).

У ряда предприятий возникли сложности при описании вклада источников незначительного негативного воздействия на окружающую среду при разработке обосновывающей заявки на КЭР документации. Такие источники можно было бы нормировать на основании документов, подобных нормам общего действия или стандартным правилам.

### **1.3. Нормы общего действия как инструмент эколого-технологического регулирования**

С вступлением в силу в 2014 г. изменений в Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [11] в Российской Федерации

разрабатываются и принимаются законодательные и нормативные правовые акты, формирующие условия для сокращения НВОС от различных объектов. Подходы к подготовке заявок на КЭР и проектов ППЭЭ разработаны достаточно детально и описаны как в национальных стандартах (таков, например, ГОСТ Р 56828.46-2019 «Наилучшие доступные технологии. Производство цемента. Порядок подготовки заявки на комплексное экологическое разрешение» [58]), так и в методических рекомендациях, подготовленных при участии ведущих российских специалистов [180].

Однако отсутствие в действующем российском законодательстве простых научно обоснованных требований к второстепенным источникам выбросов (или сбросов) загрязняющих веществ и правилам их учёта приводит к значительному росту количества нормируемых и контролируемых веществ, не отнесённых к маркерным для соответствующих отраслей промышленности и выбрасываемых (сбрасываемых) в пренебрежимо малых количествах [131]. Расчёты рассеивания выбросов второстепенных загрязняющих веществ на прилегающих территориях не являются инструментом сокращения НВОС, но требуют затрат труда и времени сотрудников экологических служб. При этом внимание специалистов отвлекается от решения приоритетных задач – внедрения НДТ, модернизации основных технологических процессов, повышения ресурсной эффективности производства.

При этом природоохранным законодательством Российской Федерации (Ст. 29 «Нормативные документы, федеральные нормы и правила в области охраны окружающей среды» [11]) установлена возможность подготовки и утверждения документов, подобным нормам общего действия (НОД), в Российской Федерации; по крайней мере, так задумывали эту статью эксперты, участвовавшие в разработке федерального закона [68].

В порядке решения задачи разработки подходов к нормированию источников незначительного НВОС проанализирован опыт применения норм общего действия (или стандартных правил), используемых на национальном, региональном или международном уровнях для оптимизации эколого-технологического регулирования в сфере охраны окружающей среды.

В ходе выполнения диссертационной работы проведён информационный поиск и идентифицировано более 100 различных документов и ситуационных исследований, описывающих различные варианты применения НОД (см., например, [73, 267]). В результате детального анализа информации автором разработана классификация норм общего действия (см. Приложение 2). Наиболее характерные примеры НОД описаны ниже в тексте.

Исторически нормы общего действия и (или) стандартные правила, а также подобные им документы были разработаны как на национальном, так и на международном уровне в разное время; кроме того, различались их особенности применения.

Чаще всего НОД представляют собой описания надлежащей практики обслуживания источников незначительного НВОС с указанием приоритетных экологических аспектов, подлежащих контролю. По структуре и содержанию НОД подобны процедурам, действующим в рамках систем экологического менеджмента [106]. Это обстоятельство следует учитывать при разработке НОД, применимых для регулирования источников незначительного НВОС, расположенных на промплощадках промышленных предприятий, отнесённых к объектам I категории негативного воздействия на окружающую среду.

В Руководстве по эффективным системам экологических разрешений, подготовленном ОЭСР и получившем наиболее широкую известность [227], дано следующее определение: «НОД представляют собой набор стандартных требований, предъявляемых к порядку эксплуатации установки,



закреплённых в нормативном документе и учитываемых природоохранными органами при определении условий экологического разрешения. НОД включают нормативы, основанные на передовых технических достижениях, требования к методам эксплуатации, а также условия производственного экологического контроля источников незначительного НВОС. НОД должны охватывать большое число однотипных объектов с близкими факторами воздействия на окружающую среду». Отметим, что определение не носит исчерпывающего характера; существуют и другие НОД и стандартные правила, не относящиеся напрямую к экологическим разрешениям.

При оценке целесообразности разработки и применения норм общего действия обычно используют подход, рекомендованный ОЭСР [267]:

- воздействие, оказываемое на окружающую среду объектами, должно быть однотипным, в большинстве случаев рассматриваются именно источники незначительного и умеренного НВОС;

- конкретная НОД должна охватывать достаточно большое число регулируемых субъектов в той или иной отрасли, чтобы можно было устанавливать и унифицировать требования, а также оправдать затраты на разработку нормы;

- технологии и технические методы в этой отрасли не должны развиваться слишком быстро, поскольку невозможно вносить изменения в нормы часто.

В исследовании, проведённом Европейской сетью по внедрению и обеспечению соблюдения экологического законодательства (IMPEL) в 2000 г., отмечен разный уровень внедрения принципов эколого-технологического регулирования незначительных источников НВОС: наряду с явными лидерами (Великобритания, Германия, Нидерланды), другие государства только рассматривали возможность применения НОД [294].

В 2021 г. многие европейские установки, нормируемые с помощью НОД, либо характеризовались незначительным негативным воздействием на окружающую среду по сравнению с основным видом деятельности, поэтому регулировались с помощью упрощённых разрешений, не привязанных к конкретной области применения (например, фабрики-химчистки, станции технического обслуживания автомобилей, автозаправочные станции), либо оказывали умеренное негативное воздействие на окружающую среду и были привязаны к конкретному виду деятельности (такие, как малые и средние сооружения по очистке сточных вод в Нидерландах) [300]. Различные подходы к регулированию объектов значительного, умеренного и незначительного негативного воздействия на окружающую среду схематически представлены на рисунке 1.3.1.

	Вид регулирования (нормирования)	Степень негативного воздействия на окружающую среду	Основной принцип регулирования (нормирования)
Сложный	Комплексное экологическое разрешение	Значительное негативное воздействие на окружающую среду	Установление технологических показателей
	Регистрация	Умеренное негативное воздействие на окружающую среду	Перечень стандартных условий для конкретных видов деятельности
Простой	Нормы общего действия	Незначительное негативное воздействие на окружающую среду	Условия предписаны конкретной нормой общего действия или несколькими нормами общего действия

Рисунок 1.3.1 – Виды регулирования различных источников негативного воздействия на окружающую среду в европейских странах  
(составлен автором)

Особо следует отметить НОД, которые носят разъяснительный характер и распространяются на источники значительного НВОС, регулируемые в соответствии с требованиями Директивы о промышленных эмиссиях. Наиболее известный пример таких норм общего действия – Техническое руководство по поддержанию чистоты атмосферного

воздуха (Германия), разъясняющее порядок применения технологических показателей, расчётов нормативов для различных источников, расположенных в пределах одной промплощадки, а также помогающее оптимизировать процедуры производственного экологического контроля [61, 230].

Известен и опыт Англии и Уэльса, где местные органы власти выдают малому бизнесу разрешения на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и их сбросы в водные объекты. Министерство охраны окружающей среды, продовольствия и развития сельских регионов Великобритании выпускает и регулярно обновляет методические рекомендации (руководства) для каждой из 80 отраслей, регулируемых местными органами власти [73]. Такие НОД устанавливают как качественно описанные требования (их описание подобно описанию НДТ или процедур СЭМ), так и количественные характеристики эмиссий, которые могут быть достигнуты путём применения НОД. В последнее время (в 2020–2021 гг.) были обновлены НОД для малых очистных сооружений (в том числе, в частном секторе). Документ был опубликован как общие обязательные правила (General Binding Rules, GBR); за публикацией GBR последовала рассылка как самого документа, так и проверочных листов-вопросников, позволяющих собственникам и операторам малых очистных сооружений определить необходимость обеспечения соответствия и, в том числе, модернизации сооружений.

В Швеции нормы общего действия для промышленного сектора используются при регулировании ряда видов хозяйственной деятельности, характеризующихся незначительным или умеренным загрязнением окружающей среды. Первоначально НОД в основном использовались для регулирования животноводства и связанной с ним хозяйственной деятельности (обращение с навозом и т. д.) [238]. После принятия в 1999 г. Экологического кодекса Швеции область применения НОД была

распространена на те отрасли, в отношении которых регулирование с помощью НОД более эффективно, чем регулирование через индивидуальные экологические разрешения: небольшие деревообрабатывающие предприятия и машиностроительные предприятия. Однако НОД также широко используются для выполнения требований законодательства ЕС, регулирующего деятельность заводов по сжиганию отходов и крупных энергогенерирующих установок [229]. Эксперты полагают, что применение НОД – это действенная и экономичная альтернатива индивидуальным разрешениям для источников незначительного и умеренного НВОС (как для соответствующей отрасли, так и для органов власти). «Разъяснительные» НОД для источников значительного НВОС перспективны потому, что позволяют регуляторам относительно просто ввести новые технические требования во всём секторе одновременно, то есть соответствовать новым, актуализированным НДТ.

Тенденция упрощения нормативных требований прослеживается также во Франции, где в 2009 г. был внедрён новый режим природоохранного регулирования – регистрация – для установок с уровнем риска, достаточно серьёзным для проведения его предварительной оценки, но который можно устранить посредством установления норм общего действия. К концу 2014 г. в режим регистрации планировалось перевести 35 % установок, которые ранее охватывались требованиями о получении разрешений [294]. Это касается определённых видов деятельности (например, складов, автозаправочных станций, химчисток, небольших ликёроводочных заводов) с применением при необходимости пороговых уровней мощности (производительности). Для регистрации в любом случае требуется подавать заявление и проводить общественные консультации (упрощённые), но применение регистрации позволило унифицировать требования и повысить их предсказуемость, а также сократить время рассмотрения заявлений.

Основным документом Германии по технологическому регулированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу является уже упомянутое Техническое руководство по поддержанию чистоты атмосферного воздуха, которое выполняет двойную функцию: (1) детализирует требования к нормированию объектов НВОС, подпадающих под положения Директивы о промышленных эмиссиях, фактически устанавливая требования к внедрению НДТ и выдаче КЭР на общегосударственном уровне; и (2) содержит указания о применении норм общего действия при нормировании второстепенных НВОС для различных видов хозяйственной деятельности.

То есть, германские НОД – это условия, определяемые в природоохранном законодательстве на уровне отрасли и (или) межотраслевом уровне для минимизации негативного воздействия на одну из сред, которые устанавливаются напрямую для определения условий выдачи экологических разрешений. В НОД могут быть предписаны общие характеристики выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, уровни энергоэффективности, требования к производственному экологическому контролю для различных категорий промышленных предприятий.

Весьма редко подходы, разрабатываемые специально для выполнения условий международных соглашений, относят к нормам общего действия. Тем не менее, перечисленные в разделе 1.1 конвенции регулируют как воздействие на окружающую среду на конкретных территориях (или в акваториях) в целом, так и воздействие определённых загрязняющих веществ. Эколого-технологическое регулирование объектов НВОС – основной общий принцип, хотя каждое международное соглашение обладает своей спецификой. В начале 1990-х гг. рекомендации, разрабатываемые в поддержку выполнения международных требований, предшествовали разработке справочников по НДТ и носили «промежуточный» характер: содержали описание НДТ (или технических методов) и ориентировочные

(достижимые) уровни эмиссий, но были достаточно краткими (как большинство НОД), а также содержали процедуры минимизации НВОС конкретных загрязняющих веществ (в том числе на региональном уровне). Таковы документы, описывающие подходы к реализации положений Конвенции по защите морской среды района Балтийского моря (ХЕЛКОМ, 1992 г.) [2]; Конвенции по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (ОСПАР, 1992 г.) [3] и даже сравнительно недавно принятой (обсуждавшейся в течение нескольких десятилетий) Минаматской конвенции о ртути (Минамата, 2013 г.) [4]. Подробнее документы рассмотрены в классификации НОД (см. Приложение 2).

В настоящее время, напротив, рекомендации НОД имеют «горизонтальный» характер, например, разъясняют и уточняют процедуры минимизации ртутного загрязнения от источников, принадлежащих к различным отраслям (хлорщелочное производство, сжигание твёрдого топлива, производство цемента, в том числе, с использованием альтернативного топлива и др.) [231]. Такие нормы общего действия могут быть положены в основу разработки национальных стандартов или процедур СЭМ, направленных на минимизацию негативного воздействия конкретных загрязняющих веществ.

В целом, можно сделать вывод, что эколого-технологическое регулирование на основе НОД имеет как свои преимущества, так и недостатки, и до начала разработки документов национальной системы стандартизации Российской Федерации следует проанализировать целесообразность установления НОД для конкретного сектора и останавливаться на тех вариантах, при которых преимущества используемого подхода перевешивают его недостатки.

При анализе норм общего действия выявлены следующие ключевые преимущества:

- возможность установления унифицированных требований к эмиссиям;
- упрощение подготовки и формирования заявок на экологические разрешения;
- предсказуемость и прозрачность установления показателей эмиссий для второстепенных источников НВОС на промышленных площадках;
- стимулирование развития оборудования, необходимого для достижения соответствия требованиям НОД;
- сокращение трудовых и временных затрат сотрудников промышленных предприятий при подготовке экологической отчетности;
- оптимизация работы инспекторов, что позволяет уделить большее внимание сложным промышленным установкам на объекте НВОС;
- возможность установления унифицированных требований к производственному экологическому контролю (на уровне отрасли).

Автором диссертационной работы предложена классификация норм общего действия (рисунок 1.3.2), охватывающая:

- 1) НОД для источников незначительного НВОС, в том числе, функционирующих на промышленных площадках крупных предприятий;
- 2) НОД, разъясняющие особенности применения отраслевых справочников по НДТ для сокращения негативного воздействия на атмосферный воздух и (или) водные объекты;
- 3) НОД, представляющие собой процедуры экологического менеджмента, в том числе применимые при подготовке к выводу из эксплуатации технологических процессов, в которых используются и (или) образуются опасные химические вещества (см. Приложение 2).

Таким образом, в результате проведения исследования установлено, что нормы общего действия применяются для целей эколого-технологического регулирования в разных странах мира (1) для нормирования источников незначительного негативного

воздействия на окружающую среду, (2) для разъяснения особенностей применения отраслевых справочников по наилучшим доступным технологиям при решении задач сокращения негативного воздействия на атмосферный воздух и (или) водные объекты, (3) для разработки национальных стандартов и (или) процедур экологического менеджмента, в том числе применимых при выводе из эксплуатации технологических процессов, использующих опасные химические вещества.



Рисунок 1.3.2 – Пример документов, включённых в классификацию норм общего действия (*составлен автором*)

Концепция наилучших доступных технологий, тесно связанная с концепциями малоотходных, более чистых, энерго- и ресурсосберегающих технологий, представляет собой инструмент экологической промышленной политики России, направленной на повышение ресурсной эффективности производства и сокращение негативного воздействия на окружающую среду. Однако проблемы применения основных положений и принципов эколого-технологического регулирования на протяжении всего жизненного цикла предприятия, от замысла, от формирования идеи о том, какой должна быть



намечаемая деятельность, до вывода промышленных объектов из эксплуатации остаётся вне зоны внимания разработчиков нормативных правовых актов и исследователей, работающих в сфере промышленной экологии. При этом именно при «сквозном» применении концепции НДТ технологии и процедуры, отнесённые к наилучшим доступным, и показатели НДТ, определённые количественно, будут выступать в качестве граничных условий, ориентиров для постановки целей и задач менеджмента, целей развития промышленных предприятий.

Материалы, изложенные в главе 1 «Система технологического регулирования деятельности промышленных предприятий в сфере охраны окружающей среды», получили отражение в следующих публикациях:

1. **Щелчков К. А.**, Гусева Т. В. Наилучшие доступные технологии и нормы общего действия // Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование. Материалы XVI Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики. – Красноярск, 2021. – С. 198–200.

2. **Щелчков К. А.**, Волосатова М. А., Гревцов О. В. Основные аспекты применения информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям // Экология производства. – 2019. – № 5. – С. 20–26.

3. Skobelev D., Guseva T., Chechevatova O., Sanzharovsky A., **Shchelchkov K.** Development of Reference Books on Best Available Techniques in the European Union and in the Russian Federation: a Comparative Analysis // Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. – 2018. – Vol. 18. – Is. 5.1. – P. 259–266. – DOI: 10.5593/sgem2018/5.1/S20.034.

4. Скобелев Д. О., Гусева Т. В., Чечеватова О. Ю., Санжаровский А. Ю., **Щелчков К. А.**, Бегак М. В. Сравнительный анализ процедур разработки, пересмотра и актуализации справочников

по наилучшим доступным технологиям в Европейском союзе и Российской Федерации / Под ред. Д. О. Скобелева. – Москва : Перо, 2018. – 114 с.

5. Гашо Е. Г., Гусева Т. В., Степанова М. В., **Щелчков К. А.** Приоритеты эколого-энергетической политики через призму реализации наилучших доступных технологий в промышленности // Компетентность. – 2017. – № 8 (149). – С. 14–21.

## 2. Гипотеза и методы научного исследования

### 2.1. Формулирование гипотезы научного исследования

В результате анализа источников информации, представленного в главе 1, можно сформулировать следующие позиции, с учётом которых строится гипотеза научного исследования.

1. В рамках концепции наилучших доступных технологий в качестве приоритетных рассматриваются подходы повышения ресурсной и экологической эффективности производства, «встроенные» в технологические процессы; это отражение принципа предотвращения негативного воздействия на окружающую среду [71, 186], характерного как для НДТ, так и для концепции зелёной химии. При этом возможности средозащитной техники не исключаются, но рассматриваются в качестве дополнительных, вторичных, так называемых решений «на конце трубы» [71, 197, 250].

2. Концепция НДТ построена на применении количественных показателей экологической и ресурсной эффективности (в том числе эффективности использования сырья, энергии, воды и др.). Отнесение технологических и технических решений к наилучшим доступным происходит в результате отраслевого сравнительного анализа технологий и бенчмаркинга показателей, достигнутых предприятиями отрасли; к НДТ относят решения, характеризующиеся наилучшим сочетанием показателей экологической и ресурсной эффективности с учётом экономической целесообразности этих решений [11, 71, 171, 176, 196, 250].

3. Наилучшие доступные технологии последовательно совершенствуются: разрабатываются и внедряются в производство новые решения, уточняются технологические показатели, исключаются из производственных циклов особо опасные вещества или условия, при которых они могут образовываться [280]. Такое развитие отражает

процесс эволюции технологий [186] и соответствует принципу предотвращения негативного воздействия на окружающую среду [72].

Описанные выше ключевые характеристики НДТ положены в основу гипотезы научного исследования, состоящей в том, что концепцию наилучших доступных технологий целесообразно применять для совершенствования эколого-технологического регулирования деятельности промышленного предприятия на всех этапах его жизненного цикла [122] (см. рисунок 2.1.1).



Рисунок 2.1.1 – Применимость концепции наилучших доступных технологий на всех этапах жизненного цикла промышленного предприятия (составлен автором)

Понятие «жизненный цикл предприятия» впервые было предложено А. Маршаллом, который сформулировал идею следующим образом: «Организация развивается от фазы проектирования, через функционирование, модернизацию к выработке ресурса, потере экономической эффективности и закрытию (или перепрофилированию)»

[122, 146]. Скорость смены фаз достаточно высока [206]: в ответ на изменение потребностей общества и ресурсно-экологических ограничений разрабатываются новые технологические процессы, продукты и услуги, усиливаются позиции зелёной химии и химии для устойчивого развития [70, 194, 199, 292, 293], что обуславливает необходимость эколого-технологической модернизации предприятий и вывода из эксплуатации устаревших технологий.

Таким образом, с учётом подходов А. Маршалла и современных принципов систем менеджмента [103, 232, 233, 236], следует предположить, что концепцию НДТ возможно и целесообразно применять:

- для оценки альтернативных вариантов развития намечаемой деятельности и выбора технологических решений в рамках процедуры оценки воздействия на окружающую среду [69, 111, 210];

- при осуществлении деятельности предприятия в соответствии с новой системой нормирования, то есть системой комплексных экологических разрешений, которые обязаны получать крупные промышленные объекты [11, 67, 81, 82];

- при развитии (в добровольном порядке) систем экологического и энергетического менеджмента с учётом применимых требований НДТ, а также близких к ним требований норм общего действия [213];

- при планировании и реализации программ эколого-технологической модернизации (повышения экологической эффективности), необходимых для достижения соответствия требованиям НДТ и получения комплексных экологических разрешений [81, 82, 142];

- на стадии вывода технологических процессов из эксплуатации, при репрофилировании или закрытии предприятий (прежде всего, предприятий, в технологических процессах которых используются или образуются опасные химические вещества) [265, 281];

– для подготовки и при распространении информации об экологической и ресурсной эффективности производства (в том числе, в рамках развития социально-экологической (Environmental Social Governance, ESG) отчётности) [98, 104].

До последнего времени первоочередное внимание научного сообщества и практиков было сосредоточено на решении задачи формирования системы выдачи крупным предприятиям комплексных экологических разрешений на основе требований НДТ. Это действующие предприятия, их в России насчитывается более 6,5 тыс. [18]; значительную часть составляют объекты, на которых реализованы химико-технологические процессы производства продукции. При этом вопросы применения НДТ на протяжении различных этапов функционирования промышленных объектов обсуждаются значительно реже. Потенциал концепции НДТ и сходных инструментов эколого-технологического регулирования остаётся недооценённым, в том числе, в такой сложной и характеризующейся многообразием факторов негативного воздействия на окружающую среду отрасли, как химическая промышленность.

## **2.2. Оценка возможностей сближения концепций наилучших доступных технологий и зелёной химии**

В соответствии с классическим определением, химическая технология – наука об экономически и экологически целесообразных методах и средствах химической переработки природных и вторичных ресурсов в продукты потребления и промежуточные продукты [132]. Химическая технология изучает процессы производства в химической, нефтехимической, металлургической, целлюлозно-бумажной, пищевой, текстильной, легкой и других отраслях промышленности [132]. Однако в обыденном сознании химическая промышленность нередко воспринимается как причина экологических проблем, возникающих в связи с производством

и потреблением продукции этой отрасли экономики [199]. При этом именно методы химической технологии позволяют повысить ресурсную и экологическую эффективность многих отраслей промышленности. В рамках химической технологии разрабатываются принципиально новые процессы, замкнутые по материальным и энергетическим потокам производственные циклы, методы снижения эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду [278]. Химическая технология играет ключевую роль в формировании экономики замкнутого цикла, так как именно химико-технологические процессы позволяют обеспечить переработку и возврат вторичных ресурсов в производство [128, 219, 268].

Как показано в главе 1, наилучшие доступные технологии – это совокупность экономически целесообразных технологических, технических и управленческих решений, обеспечивающих высокую ресурсную и экологическую эффективность производства [244, 250]. В рамках концепции НДТ рассматриваются основные технологические решения, техника защиты окружающей среды, а также системы экологического и энергетического менеджмента [250]. Критерии отнесения технологий к наилучшим доступным, принятые на международном уровне, включают применение малоотходного способа производства; использование менее опасных химических веществ; обеспечение высокой ресурсной (в том числе энергетической) эффективности технологических процессов; минимизацию эмиссий (выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов их в водные объекты и образования отходов); организацию замкнутых потоков; рецикл веществ, возвращение вторичных ресурсов в производство там, где это возможно; минимизацию риска аварий. Подчеркнём, что при отнесении технологии к НДТ учитывается срок, который потребуется отрасли для внедрения технологии (технического решения) с учётом технических и экономических условий [11, 67, 251].

Зелёная химия – это разработка новых химических продуктов и процессов, направленных на исключение (или сокращение) образования и применения опасных веществ [136, 137, 276]. Зелёная химия требует рассмотрения всего жизненного цикла химического продукта, от разработки, производства, использования до окончательного обезвреживания или размещения [198, 245]. Прилагательное «зелёная» можно рассматривать как синоним понятий «исключающая использование или образование опасных веществ», «дружественная по отношению к окружающей среде и человеку».

Ключевыми принципами концепции зелёной химии, которые наиболее часто цитируют и обсуждают, считаются: предотвращение образования отходов; разработка методов синтеза химических веществ, позволяющих повысить полноту использования исходных компонентов и минимизировать использование и (или) образование опасных веществ; создание химических продуктов с высокой эффективностью действия и малой токсичностью, а также продуктов, разлагаемых по окончании срока их использования; повышение энергоэффективности технологических процессов и применение возобновляемых ресурсов; предотвращение загрязнения и снижение риска аварий [153, 221, 245, 247].

Таким образом, концепции зелёной химии и НДТ имеют общую основу – принцип предотвращения загрязнения в его источнике или предотвращения негативного воздействия на окружающую среду, который в 1990-е гг. в различных странах и регионах был использован при подготовке принципиально новых нормативных правовых актов. Новизна их состояла в том, что приоритетное внимание впервые было привлечено к разработке технологических процессов с высокой ресурсной и экологической эффективностью; при этом средозащитная техника рассматривалась как система «вторичных» решений, необходимых в тех случаях, когда основные процессы не могут обеспечить минимизацию НВОС [250, 251].



Принцип предотвращения загрязнения, концепции НДТ и зелёной химии присутствуют также во многих международных конвенциях и в таксономиях зелёных проектов развития промышленности [179, 184]. В таблице 2.2.1 показано, как соотносятся между собой принципы зелёной химии и принципы НДТ.

Таблица 2.2.1 – Сопоставление ключевых принципов зелёной химии и наилучших доступных технологий

Основные принципы зелёной химии	Отражение в концепции НДТ
Предотвращение загрязнения окружающей среды	Основной принцип, используется при определении НДТ
Ресурсная эффективность («экономия молекул»)	Повышение ресурсной эффективности – основной принцип НДТ; в российской экологической промышленной политике рассматривается детальнее, чем в международных документах
Минимизация отходов и потерь	Основной принцип, используется при определении НДТ
Повышение энергетической эффективности	Основной принцип, используется при определении НДТ
Предотвращение аварий	Принцип НДТ; регулирование осуществляется в рамках законодательства о промышленной безопасности
Использование в качестве исходных веществ с минимальной токсичностью	Принцип НДТ, декларированный в международных документах; проявляется в отказе от использования особо опасных веществ
Мониторинг продуктов реакции в режиме реального времени	Обсуждается при определении наилучших практик производственного экологического контроля
Использование возобновляемых источников сырья и энергии	При определении НДТ используется в ряде отраслей, в том числе, в целлюлозно-бумажной
Сокращение числа стадий процесса и отказ от вспомогательных веществ (экстрагентов, растворителей и др.)	При разработке ИТС НДТ проявляется косвенно при сравнительном анализе технологических решений, которые могут быть отнесены к НДТ
Замена стехиометрических реакций каталитическими	При определении НДТ не используется; в ряде случаев обсуждается в разделе ИТС НДТ «Перспективные технологии»
Разработка биоразлагаемых (после завершения использования) химических продуктов	При определении НДТ не используется; в ряде случаев обсуждается в разделе ИТС НДТ «Перспективные технологии»
Разработка продуктов с высокой эффективностью действия, но менее токсичных, чем используемые в настоящее время аналоги	При определении НДТ не используется

Таблица составлена автором с учётом [136].

Таким образом, принципы зелёной химии целесообразно рассматривать как детализацию принципов НДТ применительно к химической технологии с одновременным распространением требований повышения ресурсной и экологической эффективности на весь жизненный цикл химических продуктов.

«Зелёные принципы» постепенно получают всё большее распространение при разработке новых (перспективных) процессов и их применении на предприятиях многих стран мира.

Эксперты Организации экономического сотрудничества и развития предложили расширить концепцию зелёной химии и дали определение химии для устойчивого развития как научной концепции, направленной на повышение эффективности использования природных ресурсов для удовлетворения потребностей человека в химических продуктах и услугах. Химия для устойчивого развития охватывает разработку, производство и использование эффективных, безопасных и более экологичных (дружественных по отношению к окружающей среде) химических продуктов и процессов [290, 295]. В обеих концепциях речь идёт скорее о разработке и внедрении технологических решений и способов обращения с химическими веществами (продуктами, их содержащими), чем о химии – науке о веществах и законах превращений веществ.

Таким образом, сравнительный анализ концепций позволяет выдвинуть предположение о том, что принципы зелёной химии и химии для устойчивого развития следует рассматривать как уточнение принципов НДТ применительно к химической технологии с одновременным распространением требований повышения ресурсной и экологической эффективности на весь жизненный цикл химических продуктов. Но внимание зелёной химии сосредоточено на разработке новых продуктов и процессов (перспективных согласно терминологии ИТС НДТ или “emerging” в соответствии с международной терминологией), в то время

как наилучшие доступные технологии должны быть технически и экономически доступными в настоящее время, готовыми для практического внедрения в промышленности.

С учётом принципов зелёной химии при определении НДТ следует учитывать, какое сырьё используется для производства целевого продукта, применялись ли при добыче сырья или его обогащении опасные вещества, а также оценивать возможности использования возобновляемых или вторичных ресурсов (рисунок 2.2.1).

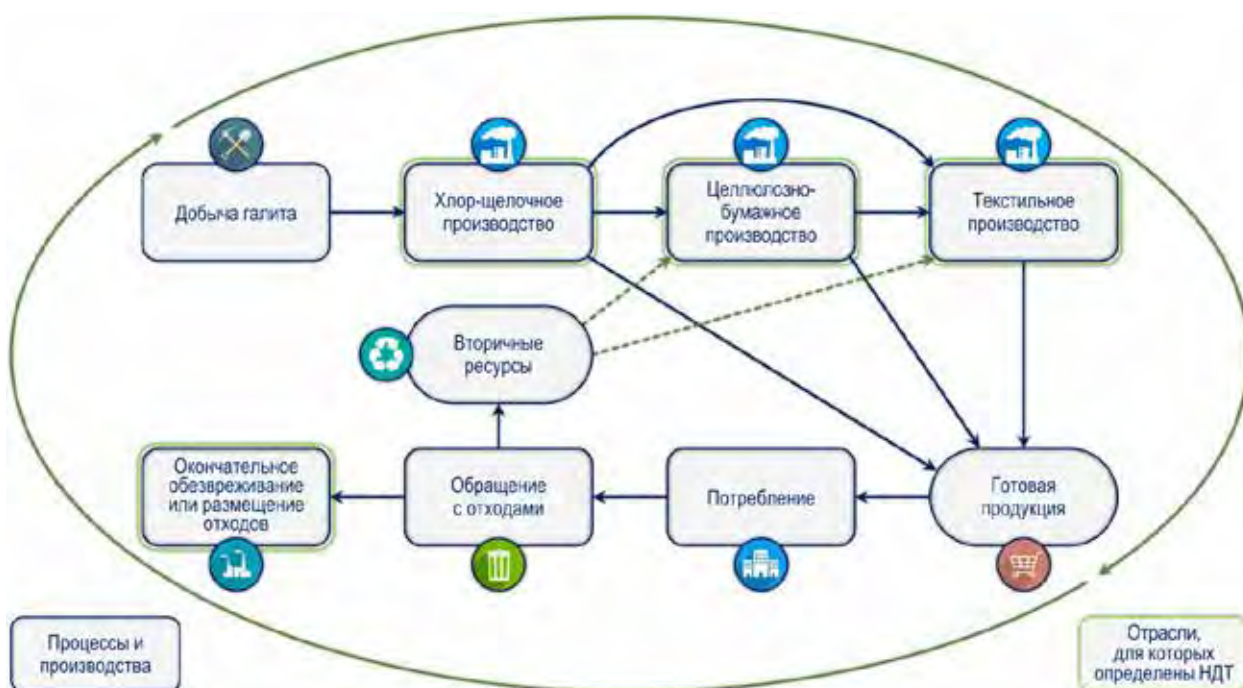


Рисунок 2.2.1 – Определение наилучших доступных технологий для связанных между собой областей применения с учётом принципов зелёной химии (составлен автором)

Так, анализируя целлюлозно-бумажное производство и определяя НДТ для стадии отбеливания целлюлозы целесообразно принимать во внимание, применялся ли электрохимический метод производства хлора и щелочей с ртутным катодом в цепочке технологических процессов, предшествующих процессу отбеливания целлюлозы. В Российской Федерации более трети гидроксида натрия производится ртутным способом, хотя постепенно возрастает доля предприятий, применяющих мембранный способ [46].

При этом в ряде международных справочников по НДТ указано, что ртутный способ производства хлора и щелочей ни при каких условиях не может быть отнесён к НДТ, а в соответствии с Минаматской конвенцией о ртути, её использование для этого производства должно быть прекращено в 2025 г. [184, 237].

Продолжая цепочку взаимосвязанных отраслей промышленности и ИТС НДТ (рисунок 2.2.1), можно рассмотреть производство вискозного волокна. Это многостадийный процесс, в начале которого целлюлозу древесины хвойных пород обрабатывают концентрированным раствором щёлочи (стадия мерсеризации). Поэтому для обоснования заявления об экологичности вискозного волокна следует провести анализ жизненного цикла. В соответствии с положениями международного стандарта ISO 14044 “Life Cycle Assessment” [234], оценка жизненного цикла продукции распространяется на экологические аспекты и потенциальные воздействия на окружающую среду на всех этапах – от выбора и приобретения сырья, производства и использования продукции до переработки по окончании её срока службы, рециклинга и окончательного обезвреживания или размещения отходов (цикл «от колыбели до могилы», “from cradle to grave”) [234]. То есть, для подготовки экологической декларации производители вискозного волокна и продукции из него должны учитывать особенности получения гидроксида натрия, используемого на стадии мерсеризации, а также сероуглерода, в котором растворяют суспензию целлюлозы с образованием ксантогената целлюлозы. Далее ксантогенат целлюлозы выдерживают в растворе гидроксида натрия до формирования вискозного вещества. Таким образом, процесс получения вискозы связан с обращением высокотоксичных веществ 2-го класса опасности. Известно, что уже в настоящее время используются технологии, позволяющие переработать древесную целлюлозу в производстве лиоцелла путём прямого растворения её в растворителе – N-метилморфолин-N-оксиде (умеренно

опасное вещество), который практически полностью регенерируется и не образует вредных продуктов распада.

При выполнении диссертационной работы принципы зелёной химии учитывались при обследовании пилотных предприятий и оценке результатов реализации программ повышения экологической эффективности, в том числе направленных на отказ от вовлечения в производственные процессы опасных химических веществ.

### **2.3. Использование подходов оценки воздействия на окружающую среду и методов экологического аудита промышленных предприятий для решения задач научного исследования**

В Российской Федерации институт экологической оценки получил развитие в 1970-х гг.; требования к проведению инженерно-экологических изысканий, к подготовке проектной документации (в частности – к включению разделов об охране окружающей среды) последовательно развивались с учётом отечественного и зарубежного опыта [69, 111, 157]. Оценку воздействия на окружающую среду в различных публикациях и документах называли экологической оценкой (перевод термина Environmental (Impact) Assessment), оценкой экологического воздействия; в некоторых случаях отождествляли ОВОС с экологической экспертизой, представляющей собой заключительный этап – оценку качества отчёта о результатах оценки воздействия на окружающую среду [210].

В опубликованных в 2020-2021 гг. работах исследователи предлагают методы ОВОС условно подразделять на следующие группы [77]:

- экологический мониторинг (мониторинг состояния окружающей среды);
- оценка возможных рисков;
- оценка жизненного цикла продукции;

- оценка, основанная на значениях комплексных показателей (углеродного следа продукции, индексов трофического состояния поверхностных вод и др.);
- моделирование антропогенной нагрузки химических веществ на компоненты биосферы [77].

Представляется, что это расширенное толкование оценки воздействия на окружающую среду, применимое для исследований в области экологической химии. Тем не менее, при реализации процедур ОВОС разработчики используют данные экологического мониторинга (в том числе разнообразные индексы, характеризующие состояние атмосферного воздуха, природных вод и почв) в зоне вероятного размещения намечаемой деятельности, привлекают методы оценки рисков и моделирования антропогенной нагрузки.

В контексте данной исследовательской работы ОВОС рассматривается, в соответствии с требованиями российского законодательства, как процедура выявления, анализа и учёта ожидаемых последствий реализации намечаемой деятельности (на уровне проекта), а также разработки мер по минимизации негативных последствий этой деятельности (по [31, 69, 298]). В 2021 г. в России были обновлены требования к материалам ОВОС; в приказе Минприроды России [31] нет описания процедуры оценки воздействия на окружающую среду, однако указано, что материалы ОВОС разрабатываются «с целью выбора оптимального варианта реализации намечаемой деятельности с учётом экологических, технологических и социальных аспектов» [31].

На рисунке 2.3.1 приведены этапы решения задачи минимизации НВОС при реализации процедуры оценки воздействия на окружающую среду; рисунок подготовлен на основе материалов исследований [100, 107].



Рисунок 2.3.1 – Этапы решения задачи снижения негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду (составлен автором на основе [100, 107])

В ходе выполнения диссертационной работы в рамках участия автора в процедурах ОВОС использованы подходы анализа и выбора альтернатив (альтернативных технологических и управленческих решений). Полученные результаты в части применения концепции наилучших доступных технологий и информационно-технических справочников по НДТ для анализа и выбора альтернатив описаны в разделе 3.1.

В отношении объектов I категории НВОС процедура оценки воздействия на окружающую среду проводится как при создании новых предприятий, так и при реконструкции (расширении, перепрофилировании) действующих [12]. В случае реконструкции процедура ОВОС реализуется

на основе результатов, полученных при проведении экологического аудита (в том числе – аудита загрязнённой производственной площадки) [100, 107].

Терминология и методы экологического аудита получили преимущественное развитие в рамках систем экологического менеджмента. В период усиленного внимания к СЭМ в 1998–2010 гг., когда в России возрастало число организаций, разрабатывавших, внедрявших и добивавшихся сертификации СЭМ, было опубликовано много научных статей, изданий методического характера, руководств и пр. [120, 140]; школа экологического аудита получила серьёзное развитие в РХТУ им. Д. И. Менделеева [106, 140, 141, 277] Несмотря на то, что в России в течение нескольких лет предпринимаются попытки разработки законодательства об обязательном экологическом аудите, он представляет собой инструмент менеджмента, который должен применяться (и применяется) в добровольном порядке, во многих случаях – с привлечением профессиональных аудиторов [106, 235].

Исследователи выделяют несколько специальных видов аудита, которые отличаются между собой особенностями целей и требуют некоторых модификаций процедуры проведения [107]. В рамках развития концепции НДТ и при сборе данных для разработки ИТС часто применяется аудит с ограничением по рассматриваемым объектам, например, аудит ресурсопотребления (в том числе энергопотребления), водопотребления.

Рядом особенностей отличается аудит, направленный на оценку функционирования СЭМ (аудит системы экологического менеджмента). Кроме анализа экологических аспектов производственной деятельности и разработки рекомендаций по снижению НВОС, в ходе проведения аудита СЭМ оценивается эффективность функционирования самой системы и её соответствие требованиям стандартов [235], а также разрабатываются рекомендации по её совершенствованию. Особое внимание при этом



уделяется анализу организационной структуры, внутренней документации предприятия, проводится интервьюирование персонала разного уровня.

Аудит загрязнённой (в том числе производственной) площадки отличается тем, что подходы экологического аудита используются для выявления изменений в окружающей среде (как правило, проявляющихся в загрязнении консервативных сред). Это обуславливает необходимость применения инструментальных методов исследования, хотя для определения характера и причин загрязнения используется методология аудита [107]. При проведении аудита загрязнённой производственной площадки дополнительно может быть поставлена задача поиска путей локализации загрязнения.

Наиболее полно сравнительный анализ методологий ОВОС и экологического аудита выполнен С. Ю. Дайманом и Т. В. Гусевой [100]. На рисунке 2.3.2 приведена обобщённая процедура экологического аудита; рисунок подготовлен на основе материалов исследований [100, 107].

В ходе выполнения диссертационной работы при участии автора в обследовании пилотных промышленных предприятий использованы методы ранжирования экологических аспектов; разработки программы действий в рамках развития СЭМ (в том числе программы повышения экологической и энергетической эффективности); аудита загрязнённой производственной площадки, разработки программы общественной экологической проверки (контроля). Полученные результаты представлены в главе 3: в части оценки решения задач экологического и энергетического менеджмента (раздел 3.2 и раздел 3.3) и в части обследования (аудита) загрязнённых участков промплощадки химического предприятия (раздел 3.4). В разделе 3.2 и разделе 3.3 приведено также обоснование целесообразности использования показателей экологической и ресурсной эффективности НДТ в качестве критериев аудита СЭМ и СЭнМ.



Рисунок 2.3.2 – Обобщённая процедура проведения экологического аудита хозяйствующего субъекта (составлен автором на основе [100, 107])

Все результаты, полученные с применением подходов экологического аудита, представлены без раскрытия названий конкретных объектов негативного воздействия на окружающую среду, что соответствует принципам аудита [235].

#### 2.4. Применение подходов бенчмаркинга при оценке экологической и ресурсной эффективности пилотных предприятий

В работах Д. О. Скобелева, И. А. Башмакова и М. В. Доброхотовой обосновано применение подходов бенчмаркинга при организации обмена

информацией в процессе разработки и актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям [181]; показано, что на отраслевом уровне проводится сравнительный анализ применяемых решений с привлечением определённых критериев и количественных показателей [66, 188, 193].

В данном диссертационном исследовании подходы бенчмаркинга использованы при определении позиции пилотных объектов НВОС в части экологической и ресурсной эффективности технологических процессов, то есть – для решения задачи сопоставления показателей, достигнутых конкретным предприятием, с лучшими отраслевыми показателями (см, например, рисунок 2.4.1). Решение этой задачи предшествует разработке рекомендаций по внедрению НДТ и совершенствованию систем менеджмента.

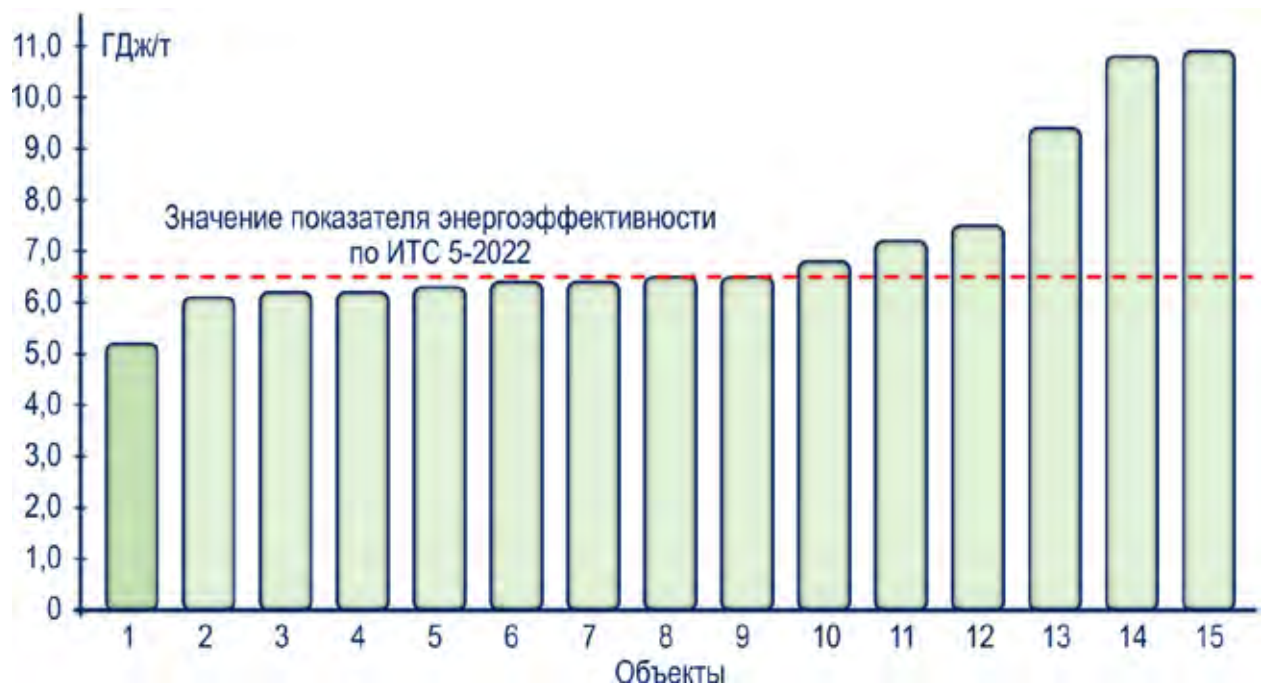


Рисунок 2.4.1 – Бенчмаркинг удельного потребления энергии на стекловарение (производство тарного стекла, Российская Федерация, 2022 г.) (составлен автором на основе рабочих материалов технической рабочей группы ТРГ-5)

Пример решения указанной задачи с привлечением результатов отраслевого бенчмаркинга энергоэффективности для оценки показателей

и уточнения направлений развития СЭМ и СЭнМ пилотного объекта НВОС представлен в разделе 3.2.

## **2.5. Использование подходов ситуационных исследований**

Ситуационное исследование представляет собой исследование объектов и явлений; масштаб ситуационных исследований варьирует в широких пределах – от отдельной организации или маркетинговой кампании до взаимодействия различных социальных групп и государств. В научной литературе ситуационные исследования подразделяют на несколько типов; наиболее часто к типизации таких исследований обращаются в статьях, опубликованных в журналах медицинской, социологической и психологической направленности (см., например, [257, 264]).

В диссертационной работе используется понятие экологического (зелёного) ситуационного исследования (“green case”) [275] – исследования, цель которого состоит в анализе, систематизации и описании результатов применения конкретных практических решений, позволяющих добиваться повышения ресурсной эффективности производства и снижения негативного воздействия на окружающую среду; такие решения могут применяться как на отдельном предприятии, так и в рамках промышленно-экологического симбиоза.

Типы экологических ситуационных исследований можно описать следующим образом:

- предварительное исследование, в ходе которого описываются конкретные производственные площадки, определяются экологические аспекты и выявляются возможности сокращения НВОС путём внедрения НДТ;
- исследование, посвящённое поиску практических примеров для обоснования теоретических предположений (например, предположений

о применимости принципов НДТ для формирования промышленно-экологических симбиозов или экономики замкнутого цикла в целом);

– исследование, в ходе которого анализируются и обобщаются характеристики явлений, получивших (начинающих получать) распространение в той или иной отрасли, регионе и др., и выявляются приоритетные факторы, способствующие возникновению таких явлений.

Методы проведения таких исследований получили развитие в рамках выполнения проекта Научно-исследовательского института «Центр экологической промышленной политики» в 2018–2022 гг.; результаты систематизированы в диссертационной работе Д. О. Скобелева [188], научных статьях (см., например, [79, 165, 189] и в альманахах [117, 118].

На рисунке 2.5.1 показан пример представления результатов ситуационного исследования, посвящённого анализу результатов программы эколого-технологической модернизации нефтеперерабатывающего завода [165].



Рисунок 2.5.1 – Комплекс биологической очистки сточных вод «Биосфера» (составлен автором на основе [165])

При проведении зелёных ситуационных исследований в рамках данной диссертационной работы использованы описанные в разделе 2.3

методы оценки воздействия на окружающую среду (для пилотных объектов, представляющих собой объекты намечаемой деятельности и реконструируемые объекты НВОС) и экологического аудита (применительно к действующим объектам НВОС).

Таким образом, в главе 2 детализирована гипотеза и представлены методы научного исследования. Выдвинуто предположение о целесообразности применения методов технологического регулирования, основанных на концепции НДТ и подходах НОД для повышения экологической и ресурсной эффективности на всех этапах жизненного цикла промышленного предприятия.

Выполнен сравнительный анализ концепций НДТ и зелёной химии, основанных на едином принципе предотвращения загрязнения окружающей среды. Показано, что принципы зелёной химии целесообразно рассматривать как детализацию принципов НДТ применительно к химической технологии с одновременным распространением требований повышения ресурсной и экологической эффективности на весь жизненный цикл химических продуктов.

Описаны особенности процедур оценки воздействия на окружающую среду, экологического аудита промышленных предприятий, а также подходов зелёных ситуационных исследований, бенчмаркинга экологической и ресурсной эффективности производства применительно к пилотным проектам внедрения НДТ. Обоснован порядок применения указанных методов для решения задач диссертационного исследования.

Материалы, изложенные в главе 2 «Гипотеза и методы научного исследования», получили отражение в следующих публикациях:

1. Meshalkin V. P., Kulov N. N., Guseva T. V. Tikhonova I. O., Burvikova Yu. N., Bhimani Ch., **Shchelchikov K. A.** Best Available Techniques and Green Chemical Technology: Possibilities for Convergence of Concepts //

Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2022. – Vol. 56. – No 6. – P. 964–970. – DOI: 10.1134/S0040579522060124.

2. Тихонова И. О., **Щелчков К. А.**, Гусева Т. В. Особенности применения инструментов эколого-технологического регулирования на разных этапах жизненного цикла химических предприятий // Химическая промышленность сегодня. – 2022. – № 4. – С. 18–27.

3. **Щелчков К. А.**, Волосатова М. А., Гревцов О. В. Основные аспекты применения информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям // Экология производства. – 2019. – № 5. – С. 20–26.

4. Guseva T., **Shchelchkov K.**, Sanzharovskiy A., Molchanova Ya. Best Available Techniques, Energy Efficiency Enhancement and Carbon Emissions Reduction // Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. – 2019. – Vol. 19. – Is. 5.1. – P. 63–70. – DOI: 10.5593/sgem2019/5.1/S20.008.

5. Скобелев Д. О., Гусева Т. В., Чечеватова О. Ю., Санжаровский А. Ю., **Щелчков К. А.**, Бегак М. В. Сравнительный анализ процедур разработки, пересмотра и актуализации справочников по наилучшим доступным технологиям в Европейском союзе и Российской Федерации / Под ред. Д. О. Скобелева. – Москва : Перо, 2018. – 114 с.

### **3. Разработка подходов к применению концепции наилучших доступных технологий на различных этапах жизненного цикла промышленных предприятий**

#### **3.1. Учёт требований наилучших доступных технологий при проведении оценки воздействия на окружающую среду**

##### **3.1.1. Особенности реализации процедуры оценки воздействия на окружающую среду в Российской Федерации**

Подходы к проведению процедуры оценки воздействия на окружающую среду (экологической оценки) развиваются в нашей стране с 1970-х гг. [69, 111, 210]. При этом доминирует стадия, которую в международных источниках называют обычно оценкой качества отчёта о проведении ОВОС [255]. В Российской Федерации оценка качества проводится в ходе экологической экспертизы (государственной (ГЭЭ) и в ряде случаев также общественной). В соответствии с законодательством, экологическая экспертиза – это процесс «... установления соответствия документации, обосновывающей намечаемую хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, установленным техническими регламентами и законодательством в области охраны окружающей среды, в целях предотвращения НВОС» [12]. Подчеркнём: эксперты оценивают готовую документацию, в которой описываются решения, уже принятые инициатором намечаемой деятельности. Как показано в главе 2, предшествовать ГЭЭ должна ОВОС как «процедура выявления, анализа и учёта ожидаемых последствий реализации намечаемой деятельности, а также разработки мер по минимизации негативных последствий ...» [12, 69, 201].

Подходы к проведению экологической оценки (на проектном уровне и на уровне региональных программ, в том числе территориальных схем охраны природы) развивались постепенно, накапливался отечественный



опыт, учитывались международные рекомендации. Тем не менее, при оценке проектов намечаемой деятельности превалирующим оставался командно-административный вариант принятия решений [69]: как правило, на публичное обсуждение выносились материалы, в которых получали отражение определённые заранее масштабы производства, выбранные технологические подходы, варианты размещения объектов и пр. При этом анализ альтернатив представляет собой весьма значимый этап ОВОС, в ходе которого осуществляется сравнение различных технологий, средозащитной техники, вариантов размещения новых объектов (с учётом взаимного расположения ОНВОС на конкретной территории) и даже переноса организованных источников воздействия при реконструкции существующих производств [63, 100]. В приказе Минприроды России, установившем в 2020 г. новые требования к материалам<sup>3</sup> ОВОС, указано, что в этих материалах должна содержаться документация, отражающая «... альтернативные варианты реализации намечаемой ... деятельности», включая сведения о «потребностях в ... ресурсах, ... выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросах ... в водные объекты, и мерах по предотвращению и (или) уменьшению этих воздействий» [31]. В этом же приказе сказано, что материалы ОВОС «... являются основанием для разработки обосновывающей документации по ... намечаемой ... деятельности, в том числе по объектам государственной экологической экспертизы» [31].

В соответствии с требованиями законодательства [12, Ст. 11] «... проектная документация объектов капитального строительства, относящихся ... к объектам I категории, является объектом государственной экологической экспертизы федерального уровня». Но, как отмечено в главе 1, с 2014 г. эколого-технологическое регулирование и нормирование объектов

---

<sup>3</sup> Речь идёт именно о материалах оценки воздействия на окружающую среду, а не о процедуре ОВОС.

I категории НВОС в России осуществляется на основе наилучших доступных технологий, требования к которым систематизированы в соответствующих ИТС – отраслевых и межотраслевых, а также количественные показатели эмиссий, соответствующие НДТ, утверждены приказами Минприроды России [152, 183, 187]. Таким образом, при ОВОС, выборе и обосновании технологических и технических решений для объектов I категории НВОС следует в качестве критериев оценки использовать сведения об НДТ, технологических показателях (показателях выбросов и сбросов загрязняющих веществ), а также показателях потребления ресурсов, необходимых для реализации намечаемой деятельности, отвечающей требованиям НДТ [152, 166]. Эти позиции соответствуют сформулированным в 2022 г. предложениям по повышению эффективности государственных и корпоративных инвестиций [83, 157].

Концепция НДТ обладает значительным потенциалом с точки зрения формирования экономики замкнутого цикла, создания циклов вещества и энергии в промышленно-экологических симбиозах. В контексте экологической оценки в этом случае речь может идти как об ОВОС отдельных проектов, так и о стратегической экологической (социально-экологической) оценке (СЭО) [112]. В этой сфере опыт не так разнообразен; известны успешные результаты организации СЭО программ развития особо охраняемых природных территорий (в том числе в российской Арктике [215]), масштабных корпоративных программ развития нефтегазового сектора [222] и перспективных программ модернизации угольной промышленности (в Кузбассе [161]). Отметим, что в Кузбассе разработан и региональный стандарт, рекомендуемый предприятиям отрасли добиваться более высокой экологической эффективности добычи угля, чем эффективность, требуемая технологическими показателями НДТ [148]. То есть, постепенно создаются условия для применения концепции наилучших доступных технологий при проведении стратегической

социально-экологической оценки и для стимулирования «опережающего» повышения экологической эффективности производства [147, 201, 282].

### **3.1.2. Возможности применения принципов наилучших доступных технологий и экономики замкнутого цикла для сокращения негативного воздействия на окружающую среду в промышленно развитых регионах**

Приволжский федеральный округ (ПФО), расположенный на территории Приуралья и Нижней Волги, был образован Указом Президента Российской Федерации от 13.05.2000 г. [16]. В состав округа входят 14 субъектов федерации; в округе расположены многочисленные предприятия добывающих отраслей, химической и нефтехимической промышленности, чёрной и цветной металлургии, энергетики, промышленности строительных материалов и др. [35]. По данным «Государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2020 году» [94] повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха характерен для таких промышленных центров, как Ижевск, Казань, Кувандык, Медногорск, Набережные Челны, Новотроицк, Орск, Саратов, Соликамск, Ульяновск. Негативное воздействие на окружающую среду постепенно сокращается, в том числе, в результате реализации Национального проекта «Экология» и федеральных проектов «Чистый воздух», «Чистая страна», «Экономика замкнутого цикла», «Возрождение Волги» и «Наилучшие доступные технологии». В 2020 г. выбросы от стационарных источников ПФО составили 2376 тыс. т и по сравнению с 2019 г. снизились на 5,3 % [94, с. 533]. В целом по округу в 2020 г. отмечено также сокращение объёмов сброса загрязнённых сточных вод (2029,50 млн м<sup>3</sup>), что на 4,3 % меньше, чем в 2019 г.; наибольший вклад внесла Самарская область (358,17 млн м<sup>3</sup>) [94, с. 535]. Количество образовавшихся отходов в 2020 г. достигло 143,947 млн т, что на 10,2 % меньше, чем в 2019 г. (160,306 млн т); наибольшее количество отмечено в Пермском крае (47,84 млн т) [94, с. 537], основу экономики которого

составляют добыча углеводородов, химическая и нефтехимическая промышленность, чёрная и цветная металлургия, машиностроение и лесопромышленный комплекс (в том числе целлюлозно-бумажное производство) [164].

В 2019–2022 гг. предприятия ПФО разрабатывали программы повышения экологической эффективности и заявки на комплексные экологические разрешения; три объекта НВОС вошли в число пилотных объектов, которым КЭР были выданы в 2019 г. в соответствии с порядком, предусматривавшим использование материалов ОВОС в качестве обосновывающих для доказательства соответствия отраслевым требованиям НДТ [114, 166, 297].

Для промышленно развитых регионов чрезвычайно актуальна задача формирования экономики замкнутого цикла. Постановка целей и выбор отраслей экономики и регионов для создания промышленных симбиозов осуществляются при поддержке ведущих научных школ, в том числе – российской школы промышленной экологии, созданной в 1980-е гг. И. В. Петряновым-Соколовым, Б. Н. Ласкориним, Г. А. Ягодиным, Б. В. Громовым, В. А. Зайцевым [116, 134, 135, 152, 166, 167, 218, 297]. При внедрении принципов ЭЗЦ предприятия (в том числе участники промышленного симбиоза) должны обеспечить высокую эффективность использования сырья, энергии, воды, вспомогательных материалов и минимизировать потери и образование отходов (что соответствует принципам зелёной химии, СЭМ и СЭнМ) [201], а накопленные отходы использовать в технологических процессах. В промышленных (промышленно-экологических) симбиозах могут функционировать и взаимодействовать между собой организации разных отраслей промышленности; их принято рассматривать как компоненты промышленной экосистемы [86].

Особую роль в промышленно-экологических симбиозах играет химическая технология, так как для формирования производственных циклов во многих случаях необходимо использовать химическую переработку вторичных ресурсов [151]. Формирование нового, дополнительного объекта, на котором используются методы химической технологии, зачастую встречает непонимание, отторжение, опасение заинтересованных сторон, озабоченных региональными экологическими проблемами. Поэтому при проведении процедуры экологической оценки должны быть обеспечены информирование населения и лиц, принимающих решения, использование надёжной доказательной базы и прозрачность обсуждения альтернативных вариантов реализации намечаемой деятельности и методов сокращения НВОС [151, 201].

Принципы ЭЗЦ начинают получать отражение и в эколого-технологическом регулировании объектов НВОС. В то время как в международных и российских справочниках по НДТ рассматриваются технологические и технические решения, характерные для предприятий конкретной отрасли, в отчётах о результатах проектов ОЭСР (2019–2022 гг.) отмечается, что включение вторичных материальных ресурсов (ВМР) в производственные процессы и оценка жизненных циклов продукции при определении НДТ могут быть учтены при актуализации справочников по НДТ [252, 297]. В контексте зелёной химии эта позиция обсуждена в главе 2 [151].

Сочетанное использование принципов наилучших доступных технологий и экономики замкнутого цикла проанализировано на примере формирования в ПФО промышленного узла, связывающего между собой производство хромовых соединений, извести, гипса и соды [166, 297].

### 3.1.3. Ситуационное исследование: формирование промышленного симбиоза химических предприятий на основе принципов наилучших доступных технологий

Рассматриваемый промышленный центр расположен на правом берегу р. Урал недалеко от границы с Казахстаном. Экономическое освоение территории определило открытие в этом районе в 1920-е гг. крупного месторождения бурых железняков, содержащих также хром, никель, титан, марганец, и доступность Карагандинских бурых углей. В настоящее время на площади немногим больше 80 км<sup>2</sup> компактно расположены объекты чёрной металлургии (одно из крупнейших российских предприятий), химической промышленности, промышленности строительных материалов (в том числе – крупный цементный завод) и др. (рисунок 3.1.1).



Рисунок 3.1.1 – Основные предприятия промышленного центра  
(составлен автором)

В атмосферный воздух ежегодно поступает 60–65 тыс. т загрязняющих веществ. В регионе в целом к концу 2021 г. было накоплено около 1,5 млрд тонн отходов, преимущественно – V класса опасности (скальные,

полускальные, рыхлые вскрышные породы, слабоминерализованные породы околорудной зоны и пр.) [95].

Особенность рассматриваемого пилотного объекта (в 2019–2020 гг. – проекта) состоит в том, что новое предприятие позволяет реализовать принципы ЭЗЦ за счёт обеспечения производства завода хромовых соединений (ЗХС) кальцинированной содой, основным компонентом шихты в процессе производства монохромата натрия [114, 166]. ЗХС в течение нескольких десятков лет производит хромовые соединения, ферросплавы, электролитический хром, сульфат натрия [166]. Ключевой этап производственной цепочки – процесс получения  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ , раствор которого служит основой для создания широкой линейки хромсодержащих товарных продуктов: бихромата натрия, оксида хрома, ангидрида хромовой кислоты, пигментов. Укрупнённо производственный процесс состоит из ряда этапов [114, 166] (рисунок 3.1.2).



Рисунок 3.1.2 – Этапы производства монохромата натрия  
(составлен автором)

При переработке хромовых руд образуется шлам солей натрия; на рассматриваемом предприятии удельное количество отходов составляло

2,5 т шлама на 1 т  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ . Основная часть шлама подлежала размещению в шламонакопителе (см. рисунок 3.1.3), поскольку технологии переработки таких отходов не были до последнего времени реализованы в промышленных масштабах [114, 166]. К 2011 г. было накоплено около 5 млн т шлама, что стало основанием для Минприроды России поставить вопрос о включении города в список экологических «горячих точек» Российской Федерации.



Рисунок 3.1.3 – Карта-схема расположения предприятий и шламонакопителя завода хромовых соединений (составлен автором)

Следующим этапом развития промышленного узла стало проектирование содового завода для обеспечения ЗХС кальцинированной содой, а также комплексной переработки  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  [114, 166].

Традиционно кальцинированную соду производят по методу Сольве путём растворения аммиака в очищенном растворе хлорида натрия, насыщенном диоксидом углерода; при этом образуется труднорастворимый в воде бикарбоната натрия  $\text{NaHCO}_3$ . Основные недостатки способа – низкая



ресурсная эффективность: на выпуск 1 т кальцинированной соды расходуется 1,6 т хлорида натрия и образуется шлам. На двух действующих российских предприятиях по производству соды по методу Солье накоплено более 50 млн т шлама, основным компонентом которого является хлорид кальция [114, 123, 166].

Реализованная на пилотном объекте модернизированная технология производства кальцинированной соды (100 тыс. т/год в пересчёте на 100 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), вовлекающая сопутствующие продукты производства хромовых соединений в качестве ВМР в технологические процессы, основана на принципах экономики замкнутого цикла [114, 166, 297].

Блок-схема модернизированной технологии производства кальцинированной соды представлена на рисунке 3.1.4.

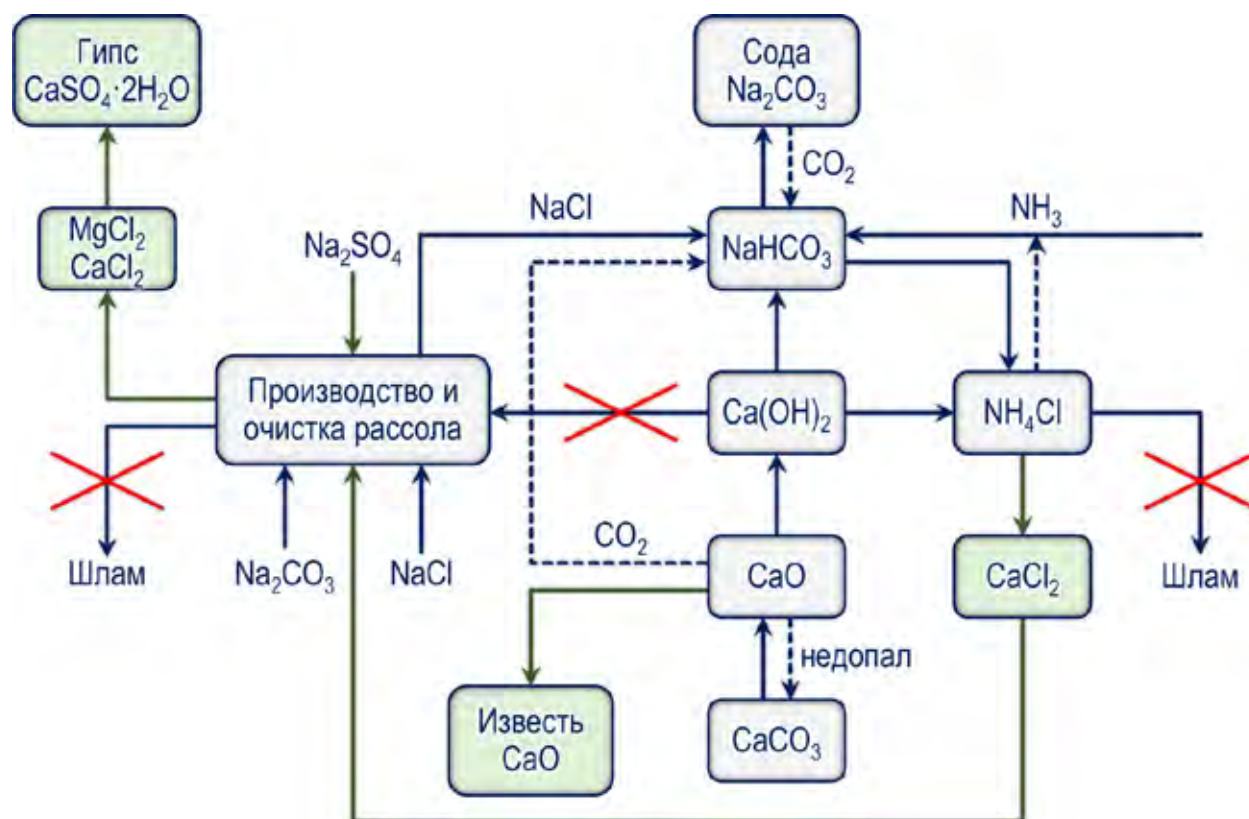


Рисунок 3.1.4 – Блок-схема модернизированной технологии производства кальцинированной соды (составлен автором)

Рассмотрим технологические процессы детально. В качестве ресурса для получения кальцинированной соды применяют кондиционный рассол

( $\text{NaCl}$ , не менее  $310 \text{ г/дм}^3$ ), известь и диоксид углерода. Рассол получают в отделении производства рассола, а известь и диоксид углерода – в производстве извести. Дистиллерная жидкость, образующаяся после регенерации аммиака, и недопал от гашения извести используются как вторичные материальные ресурсы для получения кондиционного рассола и гипса. Дистиллерная жидкость – суспензия, содержащая  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{NaCl}$ , вместе с суспензией шлама после очистки промывных вод производства извести направляется на переработку в отделение производства рассола. Таким образом удаётся исключить образование не утилизируемых твёрдых и жидких отходов в рассматриваемых процессах [114, 166].

Производство рассола предназначено для получения концентрированного рассола  $\text{NaCl}$ , необходимого для получения  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , используемого в производстве гипса. Схема материальных потоков в промышленном симбиозе представлена на рисунке 3.1.5.



Рисунок 3.1.5 – Проектирование промышленного узла по производству гипса, извести и кальцинированной соды (составлен автором)

При получении извести в печах обжига образуется готовый продукт (известь); часть её после гашения используется при производстве  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  на стадии регенерации аммиака. Образующийся в результате реакции

диоксид углерода не выбрасывается в атмосферу, а полностью возвращается в производство кальцинированной соды [272, 297].

Выпуская более 100 тыс. т извести в год, промышленный узел дополнительно улавливает более 60 тыс. т  $\text{CO}_2$ . Несмотря на то, что формально уловленный в производстве соды диоксид углерода не учитывается в проектах декарбонизации (в связи с последующим выделением его при использовании соды), технологическое решение следует считать значимым [272]. Во-первых, в некоторых процессах (например, в производстве стекла) выделение  $\text{CO}_2$  при разложении карбонатов учитывается, и цикл нельзя считать полностью разомкнутым. Во-вторых, сам факт улавливания  $\text{CO}_2$ , образовавшегося при обжиге извести, служит подтверждением того, что промышленные предприятия способны одновременно решать задачи минимизации образования отходов и декарбонизации производства.

В 2019 г., как уже отмечено, объекты I категории НВОС обязаны были при подготовке заявки на КЭР представить материалы оценки воздействия на окружающую среду. Одним из таких объектов стало предприятие по производству соды, расположенное в рассматриваемом промышленном узле.

В порядке методической поддержки инициатора деятельности было предложено при разработке отчёта об ОВОС и подготовке к общественному обсуждению учесть применимые требования НДТ. Это позволило, с одной стороны, привлечь внимание заинтересованных сторон к аспектам сокращения негативного воздействия на окружающую среду и формирования промышленного узла по принципу экономики замкнутого цикла, а с другой – подготовить для процедур ОВОС и ГЭЭ обосновывающие материалы, содержащие сравнительный анализ запланированных и установленных показателей НДТ.

В ходе исследования определены применимые требования наилучших доступных технологий, технологические показатели НДТ и показатели ресурсной эффективности (в соответствии с ИТС 19-2016 «Производство твёрдых и других неорганических химических веществ»<sup>4</sup> [45, 46] и проанализирована проектная документация. В материалы ОВОС включены положения о том, что выбранные технологические решения:

- отвечают принципам повышения ресурсной и экологической эффективности, положенным в основу НДТ; удельное потребление тепловой энергии составляет 0,145 т условного топлива на тонну  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (диапазон значений, установленный в ИТС 19-2020, – 0,158–0,204 т у.т./т соды);

- способствуют сокращению потребления природных ресурсов (отказу от использования в производстве природных доломита и известняка, до 160 тыс. т/год);

- учитывают принципы экономики замкнутого цикла (позволяют снизить удельное количество образующихся в основном производстве отходов с 2,5 т до 1,1 т шлама на 1 тонну  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ) [201].

Тем самым, предприятия, деятельность которых проанализирована в рамках данного ситуационного исследования, вносят вклад в достижение ЦУР 12 «Ответственное (устойчивое) потребление и производство» в части решения задач 12.2 «Устойчивое управление природными ресурсами и повышение ресурсной эффективности (производства и потребления)» и 12.4 «Экологически обоснованное управление использованием химических веществ и сокращение эмиссий (выбросов, сбросов и отходов) на протяжении жизненного цикла продукции» [254]. Именно эта цель считается ключевой в контексте формирования экономики замкнутого цикла<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> В 2019 г. действовал справочник, утверждённый в 2016 г.; в 2020 г. ИТС 19 был актуализирован.

<sup>5</sup> <https://news.solidwaste.ru/2022/07/pasporta-vseh-novyh-42-initsiativ-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-rossijskoj-federatsii/>

Результаты сравнительного анализа обсуждены в 2019 г. с заинтересованными сторонами и включены в состав обосновывающих материалов, представленных инициатором деятельности на государственную экологическую экспертизу. Апробированные подходы к учёту требований НДТ при реализации процедуры ОВОС использованы при актуализации национального стандарта ГОСТ Р 56828.5 «Методические рекомендации по порядку применения информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям при оценке воздействия планируемой (намечаемой) хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду» [54].

Результаты, представленные в разделе 3.1 «Учёт требований наилучших доступных технологий при проведении оценки воздействия на окружающую среду», получили отражение в следующих публикациях:

1. Мешалкин В. П., Шинкевич А. И., Малышева Т. В., **Щелчков К. А.**, Рудомазин В. В. Методика выбора экологически устойчивых промышленных зон Татарстана для развития обрабатывающих производств // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26. – № 4. – С. 30–36. – DOI: 10.18412/1816-0395-2022-4-30-36.

2. Петросян В. С., Тихонова И. О., Епифанцев А. С., **Щелчков К. А.**, Цветкова Е. А. Опыт создания промышленного симбиоза предприятий химической промышленности // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25. – № 8. – С. 28–33. – DOI: 10.18412/1816-0395-2021-8-28-33.

3. Tikhonova I., Guseva T., Potapova E., **Shchelchkov K.** Forming Circular Economy Links in Chemical Industry: Lime, Caustic Ash, Salt and Gypsum Production in the Urals // Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021. – 2021. – Vol. 21. – Is. 5.1. – P. 229–235. – DOI: 10.5593/sgem2021/5.1/s20.029.

4. Епифанцев А. С., Аверочкин Е. М., Фирер А. А., **Щелчков К. А.** Формирование промышленного симбиоза химических предприятий //

Зелёные проекты. Ситуационные исследования: альманах. – Москва : Деловой экспресс, 2021. – С. 44–51.

5. Guseva T., **Shchelchikov K.**, Sanzharovskiy A., Molchanova Ya. Best Available Techniques, Energy Efficiency Enhancement and Carbon Emissions Reduction // Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. – 2019. – Vol. 19. – Is. 5.1. – P. 63–70. – DOI: 10.5593/sgem2019/5.1/S20.008.

## 3.2. Использование принципов наилучших доступных технологий при развитии систем экологического и энергетического менеджмента предприятий

### 3.2.1. Система законодательных и нормативных правовых актов в сфере наилучших доступных технологий как основа формирования целей, задач и процедур систем менеджмента предприятий

В главе 1 показано, что российская система законодательных, нормативных правовых актов и информационно-технических справочников, а также национальных стандартов по наилучшим доступным технологиям, развивающаяся с начала 2000-х гг., в настоящее время рассматривается в большинстве случаев как основа для разработки заявок на КЭР, проектов программ повышения экологической эффективности и обосновывающей документации, необходимых для получения ОНВОС I категории комплексных экологических разрешений [62, 96, 119, 121, 124, 169] (см. рисунок 3.2.1).



Рисунок 3.2.1 – Основные законодательные и нормативные правовые акты, определяющие требования к комплексным экологическим разрешениям и программам повышения экологической эффективности (составлен автором)

Подчеркнём, что системы менеджмента предприятий (прежде всего – СЭМ и СЭнМ) развиваются в соответствии с принципом последовательного улучшения, сокращения негативного воздействия на окружающую среду и повышения энергетической эффективности [87, 106, 162, 163, 191]. В течение многих лет критики систем менеджмента отмечают, что существенность достигнутых улучшений сложно оценить, и в ряде случаев это приводит к постановке руководством предприятий формальных задач и получению таких же формальных аудиторских заключений [106, 113, 115].

Однако во всех российских отраслевых ИТС НДТ установлены технологические показатели (показатели эмиссий загрязняющих веществ), а также, в соответствии с поручением Президента Российской Федерации, с 2021 г. устанавливаются показатели ресурсной (в том числе энергетической) эффективности [33].

Отметим, что во многих информационно-технических справочниках такие показатели обсуждались и раньше; таковы, например, первые версии обсуждаемых в данной работе и актуализированных ныне ИТС 1-2015 «Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона», ИТС 2-2015 «Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот», ИТС 5-2015 «Производство стекла», ИТС 6-2015 «Производство цемента», а также ИТС 4-2015 «Производство изделий из керамики», который должен быть актуализирован в 2023 г. [38, 40, 41, 43, 44]. С 2022 г. в ИТС НДТ обосновываются также индикативные (ориентировочные) отраслевые показатели выбросов парниковых газов [110].

Следует предположить, что систему этих показателей, представляющих собой минимальные требования к экологической и ресурсной эффективности предприятий, целесообразно использовать для постановки количественных задач совершенствования систем экологического и энергетического менеджмента. При этом тот факт, что показатели последовательно уточняются (ужесточаются), а спектр их



расширяется, необходимо учитывать как на стадии разработки проектной документации и оценки воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности (подробно рассматривается в разделе 3.1), так и на этапе принятия решений о реконструкции и эколого-технологической модернизации действующих предприятий [186, 253].

В разделе 3.2 представлены результаты решения задачи разработки предложений по применению НДТ при развитии систем экологического и энергетического менеджмента промышленных предприятий с учётом применимых требований НДТ, а также близких к ним требований норм общего действия. Пилотный объект – крупное предприятие стекольной отрасли.

### **3.2.2. Ситуационное исследование: развитие систем экологического и энергетического менеджмента стеклотарного предприятия**

Объект ситуационного исследования – промышленное предприятие, специализирующееся на производстве стеклянной тары, расположенное в Центральном федеральном округе Российской Федерации, в границах особо охраняемой природной территории – национального парка. В зонах развития хозяйственной деятельности национальных парков наряду с сельскохозяйственными предприятиями и туристическими фирмами обычно функционируют так называемые традиционные производства, характерные для конкретного региона и в большинстве случаев выпускающие сувенирную продукцию. Однако для обсуждаемой территории именно стеклоделие является традиционным видом деятельности, получившим развитие ещё в XVIII в.

На пилотном – стеклотарном предприятии функционируют две стекловаренные печи непрерывного действия мощностью ~300 т стекломассы в сутки каждая.

Процесс производства состоит из нескольких стадий: приготовление шихты, образование силикатов, стеклообразование, осветление,

гомогенизация, охлаждение и формование. Основные экологические аспекты приготовления шихты обусловлены пылением. Однако если в 1990-е гг. природное сырьё (песок, доломит, мел, полевой шпат, сода и др.) проходило дополнительную обработку (удаление посторонних примесей, просеивание, дробление, сушку), сопровождавшуюся выбросами взвешенных веществ, то при реконструкции предприятия в XXI в. было принято решение об отказе от дополнительной обработки и закупке готовых к использованию сырьевых материалов, что позволило сократить негативное воздействие на окружающую среду [42].

Высокотемпературный процесс стекловарения требует значительных количеств тепловой энергии (4,5–10 ГДж/т стекломассы) и сопровождается выбросом в атмосферный воздух продуктов сжигания топлива (природного газа) – оксидов азота и углерода, а также взвешенных частиц (пыли неорганической, содержащей  $\text{SiO}_2$ ) и диоксида серы. Некоторого сокращения удельного энергопотребления можно добиться, увеличив долю стеклобоя в шихте (на каждые дополнительные 10 % стеклобоя приходится 2,5–3,0 % снижения потребления энергии печью) [43, 91]. Однако для существенного увеличения доли стеклобоя есть ограничения, обусловленные как риском снижения качества продукции, так и отсутствием в Российской Федерации специализированных компаний, занимающихся подготовкой стеклобоя [92]. Основные экологические и энергетические аспекты стадии формования изделий связаны с использованием электроэнергии [43, 96, 205].

В 2015–2016 гг. на пилотном предприятии в целях повышения эффективности производства, улучшения качества продукции и сокращения потерь было принято решение об организации литейного цеха для производства собственных формокомплектов – чугуновых черновых и бронзовых чистовых.

При «холодном ремонте» (фактически – создании нового производства) в 2019 г. были установлены современные стекловаренные печи

и стеклоформирующее оборудование; получены необходимые разрешительные документы в области охраны окружающей среды.

В 2020–2021 гг. автором выполнен сравнительный анализ достигнутых пилотным предприятием показателей экологической и энергетической эффективности с показателями, установленными в российском информационно-техническом справочнике «Производство стекла» и в документах международного эколого-технологического и углеродного регулирования (см. таблицу 3.2.1). При подготовке диссертации использованы показатели ИТС 5-2022 [43].

Таблица 3.2.1 – Повышение ресурсной и экологической эффективности предприятия по производству тарного стекла

Показатели ресурсной и экологической эффективности	Пилотное предприятие		Характеристики НДТ	
	до реконструкции	по состоянию на 2021 г.	ИТС 5-2022	Международные документы (2018–2021 гг.)
Производство, т стекломассы в сутки	220	600	Требования НДТ распространяются на предприятия, на которых образуется не менее 20 т стекломассы в сутки	
Удельные показатели ресурсной эффективности, в расчёте на 1 т стекломассы				
Потребление энергии, ГДж	9,08	5,19	6,1–10,9	4,5–5,3
Потребление стеклобоя, т	0,10	0,20	0,14	0,30–0,65
Удельные показатели экологической эффективности и углеродоёмкости, выбросы в атмосферу в расчёте на 1 т стекломассы				
Оксиды азота, кг	6,12	4,30	9,0	0,3–1,2
Монооксид углерода, кг	0,81	0,45	0,7	–
Диоксид серы, кг	–	0,36	–	0,3–0,75
Неорганическая пыль, кг	0,59	0,51	1,0	0,015–0,060
Парниковые газы, т CO <sub>2</sub> -экв.	0,54	0,43	0,43–0,52	0,29–0,32

Таблица составлена автором с использованием материалов обследования пилотного предприятия и данных [43, 223, 225].

В связи с тем, что (1) в 2019–2021 гг. значительная доля продукции пилотного предприятия направлялась на экспорт и (2) в 2022–2023 гг. планировалось проведение реконструкции на второй промышленной площадке компании, при разработке рекомендаций были приняты

во внимание тенденции изменения как российских, так и международных требований.

При постановке целей и задач развития систем энергетического и экологического менеджмента рекомендовано учитывать следующие обстоятельства:

1. Вероятность установления требований углеродного пограничного корректирующего механизма (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) [239] и соответствующих бенчмарков (удельных выбросов парниковых газов), зафиксированных на период 2021–2025 гг. для бесцветной стеклотары на уровне 0,290 т CO<sub>2</sub>-экв./т стекломассы и для цветной – на уровне 0,237 т CO<sub>2</sub>-экв./т стекломассы [224]; при этом 10 % лучших предприятий Европейского союза достигли к 2020 г. уровни выбросов 0,323 т CO<sub>2</sub>-экв./т стекломассы для бесцветной стеклотары и 0,265 т CO<sub>2</sub>-экв./т стекломассы – для цветной. При соблюдении требований CBAM (подтверждённых независимыми верификаторами) в отношении предприятий-экспортёров не планируется применять экономический механизм компенсации высокой углеродоёмкости продукции [66]. Для достижения бенчмарков пилотному предприятию, по всей вероятности, потребуется повысить энергоэффективность технологических процессов путём повышения доли стеклобоя в шихте до 20–25 % и внедрить систему дополнительного электрообогрева. Радикальным способом решения проблемы является переход на электроварку, однако в нашей стране такие подходы не распространены. При развитии системы углеродного регулирования в Российской Федерации пилотному предприятию необходимо принять участие в отраслевом бенчмаркинге выбросов парниковых газов и принимать решения о дополнительном повышении ресурсной (в первую очередь – энергетической) эффективности с учётом индикативных показателей, которые установлены в актуализированном ИТС 5-2022. При соблюдении требований CBAM (подтверждённых независимыми верификаторами)

в отношении предприятий-экспортёров не планируется применять экономический механизм компенсации высокой углеродоёмкости продукции [110].

2. По состоянию на начало 2022 г. пилотное предприятие соответствовало требованиям технологических показателей НДТ, утверждённых приказом Минприроды России [30]. Основную неопределённость представляют собой выбросы  $\text{SO}_2$ , требования к которым не были установлены ни в ИТС 5-2015, ни в актуализированном ИТС 5-2022. Пилотному предприятию как одному из лидеров отрасли целесообразно организовать измерения состава выбросов на крупных объектах НВОС, выпускающих стеклотару, с привлечением аккредитованных лабораторий. Полученные результаты не только позволят обосновать отраслевой технологический показатель, но и принять обоснованное решение в части включения  $\text{SO}_2$  в число параметров, измеряемых системой автоматического контроля выбросов отходящих газов [21].

3. Размещение в границах национального парка, на территории которого преобладают хвойные леса и сфагновые болота налагает особые обязательства, поэтому серьёзное внимание следует уделить прежде всего сокращению выбросов кислых газов. Целесообразно также поддержать развитие добровольной экологической деятельности и системы общественного экологического мониторинга, в рамках деятельности которой волонтеры и сотрудники национального парка оценивают состояние природных экосистем и создают участки, уход за которыми осуществляют промышленные предприятия района.

На основании результатов выполненных при участии автора работ в 2021 г. обсуждаемое предприятие было включено в программу пилотных климатических проектов Минпромторга России как промышленный объект, добившийся высокой ресурсной эффективности производства и сокращения

углеродоёмкости продукции за счёт практического применения принципов наилучших доступных технологий.

### **3.2.3 Обоснование применения норм общего действия при нормировании незначительных источников воздействия**

При обследовании пилотного предприятия выявлено, что помимо основных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, требования к которым установлены в ИТС 5-2015 «Производство стекла» [42]<sup>6</sup>, при определении нормативов допустимых выбросов (НДВ) описаны и второстепенные источники: сварочные посты, металло- и деревообрабатывающее станочное оборудование, посты окраски, аспирационные установки, гаражи и т. п.

Нормирование и контроль таких источников осуществляется расчётными методами, включёнными в методики [149, 150], а результаты расчётов далее включаются в НДВ предприятия. Согласно данным методикам принято, что при проведении сварочных и окрасочных работ в воздух выделяются пыль неорганическая, фториды неорганические плохо растворимые, фтористые газообразные соединения,  $Fe_2O_3$ ,  $Mn$  и его соединения,  $NO_2$ ,  $CO$ . Суммарные выбросы этих веществ составили 0,636192 т/год, в том числе при проведении сварочных работ – 0,341011 т/год и окрасочных работ – 0,295181 т/год (~0,05 % от общей массы загрязняющих веществ (см. таблицу 3.2.2), ежегодно выбрасываемых в атмосферный воздух пилотным предприятием). Органические вещества для основных технологических процессов не характерны, и сведения об их выбросах не могут быть использованы в целях оптимизации производства. При этом неопределённость расчётов достаточно высока, но в соответствии с давно сложившейся практикой их результаты в отчётах должны указываться с точностью до граммов [53].

---

<sup>6</sup> Актуализирован в 2022 г.

Таблица 3.2.2 – Обобщённый состав выбросов, образующихся при проведении ремонтных работ на стеклотарном предприятии

Загрязняющие вещества	Содержание в выбросах, %	Загрязняющие вещества	Содержание в выбросах, %
Моноксид углерода	31	Сольвент нефти	6
Ксилол	18	Н-бутанол	5
Оксид железа (III)	13	Этилбензол	4
Фенол	7	Фтористые газообразные соединения	2
Оксиды азота	6	Марганец и его соединения	1
Взвешенные вещества	6	Пыль неорганическая	1

*Таблица составлена автором по данным пилотного предприятия.*

Отсутствие в действующем российском законодательстве простых (проверяемых, аудируемых) требований к незначительным источникам выбросов и правилам их учёта приводит к росту количества нормируемых и контролируемых загрязняющих веществ, выбрасываемых в воздух в пренебрежимо малых количествах [197]. Для нормирования незначительных источников целесообразно использовать нормы общего действия, представляющие собой своды стандартных требований (в том числе количественных), предъявляемых к порядку эксплуатации установок и направленных на минимизацию НВОС [172].

Автором исследования разработана и рекомендована к включению в СЭМ пилотного предприятия процедура проведения сварочных работ, включающая:

- порядок обеспечения и ответственность за надлежащее хранение и подготовку сварочных материалов;
- условия организации сварочных постов и постов газовой резки металла;
- порядок определения типа сварочных работ и материалов;
- требования к устройству систем вентиляции.

При проведении операций по хранению и подготовке сварочных материалов каждая партия сварочного материала должна сопровождаться сертификатом, удостоверяющим соответствие проволоки требованиям

стандарта или технических условий. Помещения и площадки для организации стационарных и передвижных сварочных постов должны соответствовать требованиям к обустройству электросварочных установок.

Стационарные посты сварки должны быть оборудованы индивидуальными системами вытяжной вентиляции с объёмом удаляемого воздуха, обеспечивающим соблюдение в части требований к качеству воздуха рабочих мест [60]. Помимо вытяжных систем, помещения также должны быть оборудованы приточными системами вентиляции для естественной или принудительной подачи свежего воздуха. Производственные помещения для проведения электросварочных работ должны отвечать требованиям действующих строительных норм и правил, санитарных норм проектирования промышленных предприятий.

Неукоснительное соблюдение установленных в рамках процедуры СЭМ правил при проведении сварочных работ и резке сталей позволит обеспечить непревышение удельных показателей выделения загрязняющих веществ, представленных в таблице 3.2.3.

Таблица 3.2.3 – Показатели выделения загрязняющих веществ при проведении сварочных работ и резке сталей

Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при проведении сварочных работ	
Загрязняющее вещество	Значение, г/кг используемых сварочных материалов, не более
Сварочный аэрозоль (суммарно)	48,7
Фтористые газообразные соединения	2,1
Азота диоксид	2,7
Углерода монооксид	14,0
Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при резке сталей толщиной до 10 мм	
Загрязняющее вещество	Значение, г/ч, не более
Железа диоксид	143,0
Азота диоксид	64,1
Углерода диоксид	63,4
Марганец и его соединения	2,8

Таблица составлена автором по [53].



Процедура нашла практическое применение на пилотном предприятии и может быть тиражирована. Однако включение процедуры не приводит к сокращению числа нормируемых источников незначительного воздействия на окружающую среду (прежде всего – на стекольных предприятиях) и перечня контролируемых загрязняющих веществ.

Как отмечено в главе 1, при внесении Ст. 29 «Нормативные документы, федеральные нормы и правила в области охраны окружающей среды» в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ [11] предполагалось, что помимо приказов об утверждении отраслевых технологических показателей НДТ в число норм и правил войдут и документы, подобные нормам общего действия или стандартным правилам [97]. В 2018–2019 гг. был разработан национальный стандарт ГОСТ Р 113.38.01-2019 «Наилучшие доступные технологии. Малые котельные. Стандартные правила» [52], содержащий детальное описание подходов к минимизации НВОС таких объектов [172].

Автором диссертационного исследования разработан и обсуждён с экспертами и представителями стекольных предприятий проект национального стандарта ГОСТ Р серии 13000 «Наилучшие доступные технологии» для целей эколого-технологического нормирования второстепенных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при проведении сварочных работ». Доработку проекта целесообразно осуществлять после принятия решения о включении норм общего действия или стандартных правил в систему документов эколого-технологического нормирования в Российской Федерации.

Таким образом, в результате решения задачи разработки предложений по применению НДТ при развитии систем экологического и энергетического менеджмента предприятий с учётом применимых требований НДТ, а также близких к ним требований норм общего действия и проведения ситуационного исследования на предприятии стекольной отрасли:

– обоснована целесообразность использования показателей ресурсной (в том числе энергетической) и экологической эффективности для совершенствования систем энергетического и экологического менеджмента промышленных предприятий;

– сформулированы практические рекомендации по постановке задач СЭнМ и СЭМ пилотного предприятия с учётом изменений, происходивших во внешней среде организации в 2018–2021 гг.;

– для пилотного предприятия разработана процедура СЭМ и предложены технологические показатели для нормирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при проведении сварочных работ;

– подготовлен проект национального стандарта ГОСТ Р серии 13000 «Наилучшие доступные технологии» для целей эколого-технологического нормирования второстепенных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при проведении сварочных работ.

Результаты, представленные в разделе 3.2 «Использование принципов наилучших доступных технологий при развитии систем экологического и энергетического менеджмента предприятий», получили отражение в следующих публикациях:

1. Тихонова И. О., **Щелчков К. А.**, Гусева Т. В. Особенности применения инструментов эколого-технологического регулирования на разных этапах жизненного цикла химических предприятий // Химическая промышленность сегодня. – 2022. – № 4. – С. 18–27.

2. Гусева Т. В., Тихонова И. О., Цвелев В. Н., **Щелчков К. А.**, Аверочкин Е. М. Направления оптимизации технологического нормирования производства тарного стекла: наилучшие доступные технологии, нормы общего действия и углеродоёмкость продукции // Стекло и керамика. – 2021. – № 10. – С. 18–23. – DOI: 10.1007/s10717-022-00419-y.

3. Tikhonova I., Guseva T., **Shchelchkov K.**, Potapova E., Averochkin E. General Binding Rules and Decarbonisation of the Construction Materials Industry // Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021. – 2021. – Vol. 21. – Is. 5.1. – P. 51–58. – DOI: 10.5593/sgem2021/5.1/s20.007.

4. **Щелчков К. А.**, Гусева Т. В. Наилучшие доступные технологии и нормы общего действия // Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование. Материалы XVI Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики. – Красноярск, 2021. – С. 198–200.

5. Guseva T., **Shchelchkov K.**, Sanzharovskiy A., Molchanova Ya. Best Available Techniques, Energy Efficiency Enhancement and Carbon Emissions Reduction // Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. – 2019. Vol. 19. – Is. 5.1. – P. 63–70. – DOI: 10.5593/sgem2019/5.1/S20.008.

6. Guseva T., **Shchelchkov K.**, Vartanyan M., Tikhonova I. Setting Energy Efficiency Enhancement Objectives for Russian Energy Intensive Industries // Procedia Environmental Science, Engineering and Management. – 2019. – Vol. 6. – No 4. – P. 619–628. – [https://procedia-esem.eu/pdf/issues/2019/no4/70\\_Guseva\\_19.pdf](https://procedia-esem.eu/pdf/issues/2019/no4/70_Guseva_19.pdf).

### **3.3. Использование инструментов эколого-технологического регулирования в контексте выполнения международных обязательств России в сфере охраны окружающей среды**

В порядке решения задачи установления возможностей учёта результатов реализации программ эколого-технологической модернизации и достижения соответствия требованиям НДТ для подтверждения выполнения международных обязательств России в сфере охраны окружающей среды ситуационное исследование выполнено в Баренцевом Евро-Арктическом регионе.

#### **3.3.1. Анализ порядка исключения российских предприятий из перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона**

Экологическая программа региона, направленная на сокращение НВОС промышленных предприятий различных отраслей, была разработана в 1990-е гг. экспертами России и стран Северной Европы [246], которыми был сформирован перечень экологических «горячих точек» – объектов, характеризовавшихся наибольшими выбросами, сбросами загрязняющих веществ и образованием отходов. В 2003 г. был опубликован перечень, включавший 42 позиции (рисунок 3.3.1) [65]; к «горячим точкам» были отнесены предприятия металлургической, целлюлозно-бумажной, химической промышленности, а также объекты, обеспечивавшие очистку хозяйственно-бытовых сточных вод.

Для исключения предприятий из перечня экологических «горячих точек» был предусмотрен подход, включавший создание международных рабочих групп, подготовку обширного списка документов о деятельности предприятий, установление так называемых специфических (характерных для конкретного ОНВОС) критериев исключения, поэтапное обсуждение документов, планов действий, полученных результатов и пр. («полная» процедура). Предполагалось, что специфические критерии должны были

учитывать особенности производства; при этом ожидалось, что руководители предприятий будут готовить отчёты об обследовании промплощадок, согласовывать проекты планов действий, направленных на снижение НВОС, а затем приступать к их реализации. При этом на каждом этапе следовало добиваться одобрения международной группы экспертов.



Рисунок 3.3.1 – Экологические «горячие точки» Баренцева Евро-Арктического региона (составлен автором на основе [65])

Однако до 2018 г. ни один ОНВОС не заявил о готовности пройти все ступени чрезмерно бюрократизированного процесса, а обсуждение применимых критериев исключения сводилось к дискуссиям о значимости (или незначимости) снижения выбросов и сбросов загрязняющих веществ, достигнутого предприятием. То есть, главной сложностью в разработке специфических критериев было отсутствие признаваемых экспертами всех стран механизмов, позволяющих установить объективные условия исключения.

Принятие в Российской Федерации законодательства о наилучших доступных технологиях позволило предложить альтернативный подход – использовать концепцию НДТ как международно принятый инструмент сокращения негативного воздействия на окружающую среду – для разработки критериев исключения. В 2017–2018 гг. при участии научного руководителя и автора диссертационного исследования была разработана программа и проведена серия региональных консультаций и обучающих семинаров [270]. В 2019 г. Международная рабочая группа согласилась с предложением российских экспертов применять в качестве специфических критериев исключения предприятий из перечня экологических «горячих точек» технологические показатели НДТ, установленные в соответствующих информационно-технических справочниках [185]. Второе предложение состояло в том, чтобы заменить так называемые планы действий (не определённые в российском законодательстве) программами повышения экологической эффективности, которые должны разрабатывать и реализовывать объекты I категории НВОС для достижения соответствия требованиям наилучших доступных технологий [11, 82]. Основные этапы процедуры исключения объектов негативного воздействия на окружающую среду из перечня экологических «горячих точек» на основании достижения соответствия требованиям наилучших доступных технологий схематически изображены на рисунке 3.3.2.

В 2019–2021 гг. процедура была реализована для нескольких экологических «горячих точек» (пилотных предприятий) Баренцева Евро-Арктического региона.



Рисунок 3.3.2 – Основные этапы процедуры исключения объектов негативного воздействия на окружающую среду из перечня экологических «горячих точек» на основании достижения соответствия требованиям наилучших доступных технологий *(составлен автором)*

### 3.3.2. Ситуационное исследование: эколого-технологическая модернизация целлюлозно-бумажного предприятия

В качестве объекта ситуационного исследования (далее – пилотного предприятия) выбран крупный целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК), расположенный в региональном центре одного из субъектов Северо-западного федерального округа Российской Федерации и включённый в перечень экологических «горячих точек» на основании значительного объёма сброса сточных вод.

Рассматриваемый ЦБК представляет собой предприятие полного цикла производства сульфатной целлюлозы, реализующее технологические процессы варки целлюлозы; горячего размола, промывки и сортирования небелёной целлюлозы, сортирования и размола остатков; кислородной делигнификации и отбелики целлюлозы; очистки белёной целлюлозы;

сушки, упаковки и хранения белой и небеленой целлюлозы [37]. До 2017 г. для отбеливания целлюлозы на предприятии использовался элементарный хлор, что стало одной из основных причин включения ЦБК в перечень экологических «горячих точек».

В 2012–2019 гг. на пилотном предприятии была проведена глубокая эколого-технологическая модернизация процессов производства, направленная на увеличение мощности производства при одновременном сокращении НВОС за счёт сокращения потерь годной древесины и волокна, перехода к отбелке сульфатной целлюлозы по ECF-технологии (Elemental chlorine free) [203] и создания новой системы очистки сточных вод. Сопоставление технологий, характерных для 1980-х гг. и 2020-х гг., схематически показано на рисунке 3.3.3 (по [129]).

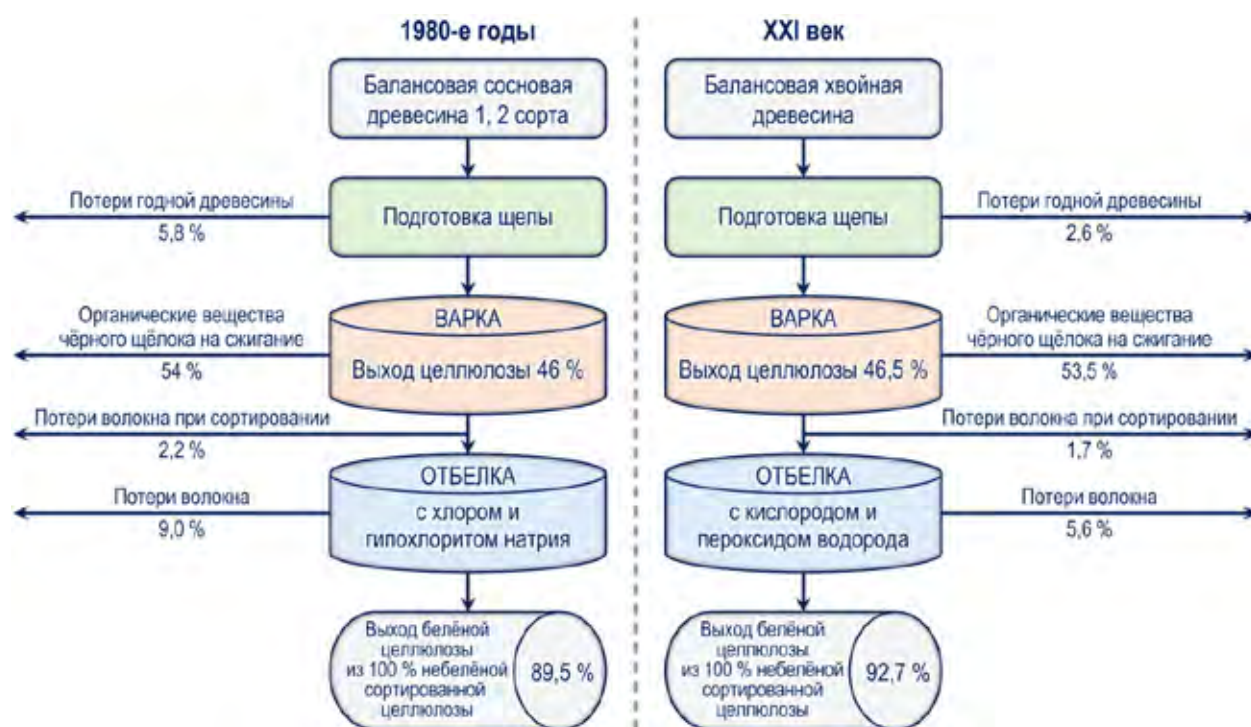


Рисунок 3.3.3 – Повышение эффективности производства белой сульфатной целлюлозы (составлен автором по [129])

В ходе обследования производственной площадки предприятия, проведённого как аудит соответствия требованиям НДТ целлюлозно-бумажного производства, обоснована целесообразность:



– использования в качестве специфических критериев исключения «горячей точки» показателей экологической эффективности, установленных в отраслевых ИТС (как российском ИТС 1-2015 [37], так и международном BREF Pulp & Paper [224]);

– проведения сравнительного анализа достигнутых показателей экологической эффективности (прежде всего – по маркерным веществам) с технологическими показателями ИТС 1-2015 и международными показателями НДТ;

– систематизации результатов модернизации системы очистки сточных вод в форме ретроспективной программы повышения экологической эффективности.

Данные предложения и список специфических критериев были утверждены региональной рабочей группой по исключению экологических «горячих точек». Результаты сопоставления показателей экологической эффективности пилотного предприятия и технологических показателей наилучших доступных технологий для производства целлюлозы приведены в таблице 3.3.1. Снижение содержания загрязняющих веществ в сточных водах представлено на рисунке 3.3.4.

Дополнительно автор диссертационной работы предложил систематизировать результаты эколого-технологической модернизации пилотного предприятия в форме ППЭЭ и принял участие в её разработке (в порядке оказания методической помощи специалистам предприятия).

Разработанная ППЭЭ была направлена:

- 1) в Межведомственную комиссию по рассмотрению проектов программ повышения экологической эффективности Минпромторга России и
- 2) в Международную группу экспертов по исключению экологических «горячих точек».

Программа повышения экологической эффективности пилотного предприятия была одобрена российскими экспертами и МВК Минпромторга

России, а также международными экспертами в сфере наилучших доступных технологий целлюлозно-бумажного производства.

Таблица 3.3.1 – Сопоставление показателей экологической эффективности пилотного предприятия и технологических показателей наилучших доступных технологий для производства целлюлозы при производстве сульфатной целлюлозы и древесной массы в составе интегрированного предприятия

Технологический показатель, кг/т	Небелёная целлюлоза			Белёная целлюлоза		
	Пилотное предприятие, 2019 г.	ИТС 1-2015	Международные требования, 2015 г.	Пилотное предприятие, 2019 г.	ИТС 1-2015	Международные требования, 2015 г.
ХПК	9,98	5,00–12,00	2,50–8,00	12,83	8,00–30,00	7,00–20,00
БПК <sub>полн</sub>	0,58	0,30–0,70	–	0,75	0,80–1,20	–
Общее содержание взвешенных веществ	0,81	0,90–1,20	0,30–1,00	1,05	0,60–1,90	0,3–1,5
Адсорбируемые галогенорганические соединения (АОХ)	–	–	–	0,115	0,25–0,40	0,00–0,20

Таблица составлена автором по результатам обследования пилотного предприятия и с использованием [37, 224].



Рисунок 3.3.4 – Снижение содержания загрязняющих веществ в сбросах сточных вод производства белой целлюлозы на пилотном предприятии (составлен автором)

Наряду с сокращением сбросов сточных вод в реки Баренцева Евро-Арктического региона пилотное предприятие занимается восстановлением речных экосистем. В 2018–2020 гг. было расчищено более 300 км береговых зон рек, до 2015 г. использовавшихся для доставки древесины на предприятие.

В аренде у предприятия более 2 млн гектаров леса; собственный питомник позволяет обеспечить предприятие качественным посадочным материалом. В рамках развития систем менеджмента осуществляется обоснование экологических и эксплуатационных условий, необходимых для ответственного управления лесами; системы менеджмента сертифицированы в соответствии с требованиями FSC – Международной схемы добровольной лесной сертификации.

Добровольная экологическая деятельность и ответственное управление лесами были также приняты во внимание экспертами при обсуждении целесообразности исключения пилотного целлюлозно-бумажного предприятия из перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона.

### **3.3.3. Результаты реализации процедуры исключения целлюлозно-бумажного предприятия из перечня экологических «горячих точек» на основании достижения соответствия требованиям наилучших доступных технологий**

Применение утверждённых в Российской Федерации технологических показателей НДТ в качестве критериев исключения позволило:

- получить положительные оценки МВК и международных экспертов;
- подготовить и защитить позицию Российской Федерации на заседании Министров государств – членов Баренцева Евро-Арктического региона;

– создать прецедент исключения пилотного предприятия из перечня экологических «горячих точек» на основании выполнения требований наилучших доступных технологий.

Дополнительно, по предложению российских экспертов, автором исследования проведена оценка экономической эффективности программы эколого-технологической модернизации пилотного предприятия. Использованы данные открытой финансовой отчётности.

Показано, что в результате реализации серии программ эколого-технологической модернизации увеличен выпуск продукции ЦБК, сокращено водопотребление, снижены сбросы загрязняющих веществ в природный водный объект и их выбросы в атмосферный воздух; отбелка целлюлозы производится без применения элементарного хлора, а кородревесные остатки и обезвоженные осадки сточных вод используются для производства зелёной энергии. Выросли прибыль, выручка и стоимость активов предприятия (см. рисунок 3.3.5).

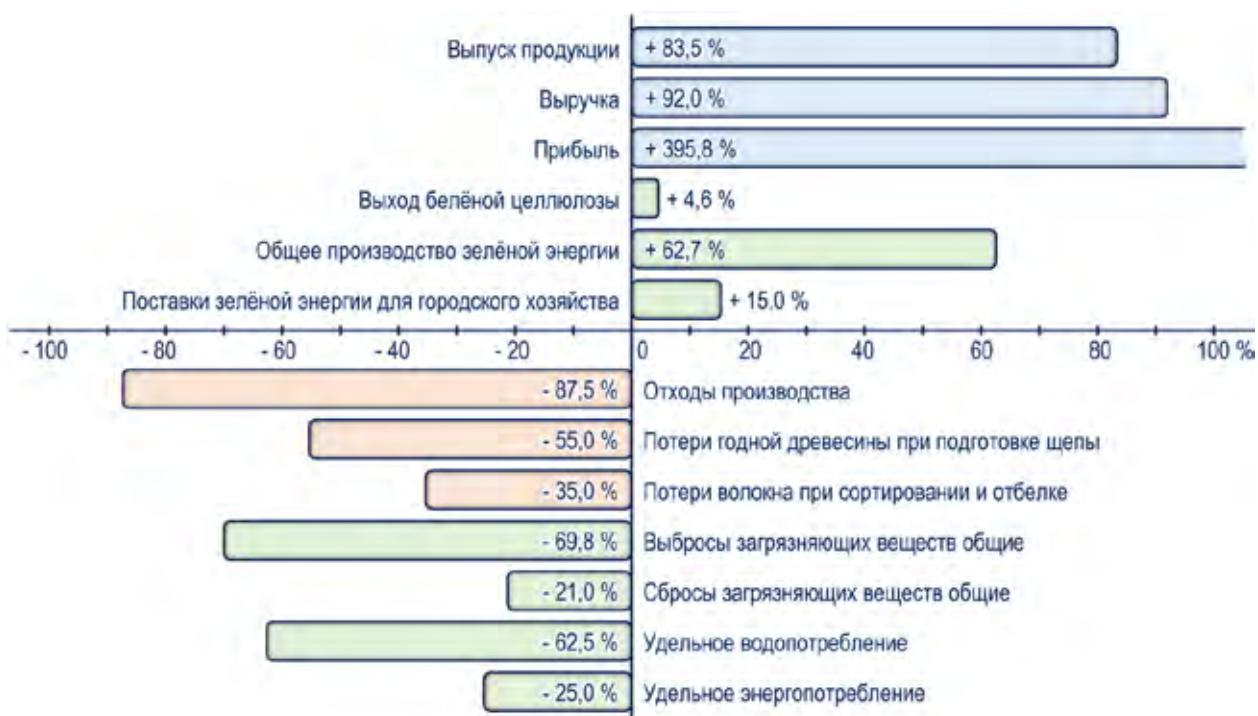


Рисунок 3.3.5 – Повышение ресурсной, экологической и экономической эффективности предприятия целлюлозно-бумажной промышленности в результате проведения модернизации на основе принципов наилучших доступных технологий (составлен автором)

Результаты выполненного ситуационного исследования использованы в качестве обоснования для принятия в 2020 г. ряда решений.

1. Процедура исключения предприятий из перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона совершенствована путём:

- включения в эту процедуру этапов разработки специфических критериев на основе НДТ и оценки соответствия предприятий требованиям наилучших доступных технологий;

- использования результатов программ повышения экологической эффективности, соответствующих требованиям российского законодательства, в качестве свидетельств сокращения негативного воздействия на окружающую среду и выполнения требований НДТ;

- включения этапов экспертной оценки и одобрения программ повышения экологической эффективности Межведомственной комиссией и международной группой экспертов для обеспечения прозрачности и беспристрастности принятия решений.

2. Полученные результаты представлены на совещании руководителей экологических министерств и ведомств государств – членов Баренцева Евро-Арктического региона в 2021 г. По итогам открытого обсуждения принято решение об исключении пилотного предприятия из перечня экологических «горячих точек». Тем самым получил подтверждение факт выполнения обязательств Российской Федерации по сокращению негативного воздействия на экосистемы Арктики (см. Приложение 1).

3. Накопленный опыт рекомендовано использовать при подготовке к исключению других российских предприятий из перечней экологических «горячих точек»; в 2020–2021 гг. при участии автора диссертационного исследования процедуры были реализованы на объектах горнодобывающей промышленности и очистки коммунальных сточных вод.

Результаты, представленные в разделе 3.3 «Использование инструментов эколого-технологического регулирования в контексте выполнения международных обязательств России в сфере охраны окружающей среды», получили отражение в следующих публикациях:

1. Тихонова И. О., **Щелчков К. А.**, Гусева Т. В. Особенности применения инструментов эколого-технологического регулирования на разных этапах жизненного цикла химических предприятий // Химическая промышленность сегодня. – 2022. – № 4. – С. 18–27.

2. **Shchelchkov K.**, Guseva T., Tikhonova I., Potapova E., Rudomazin V. The Concept of Best Available Techniques as an Instrument for Increasing Industrial Resource Efficiency and Reducing Environmental Impact in the Arctic // Proceedings of the International Russian Conference on Ecology and Environmental Engineering RusEcoCon. – 2022. – Pap. 012010. – DOI: 10.1088/1755-1315/1061/1/012010.

3. Mikaelsson Å., Guseva T., Tikhonova I., **Shchelchkov K.** Best Available Techniques as Criteria for Excluding Russian Industrial Installation from the Environmental Hot Spot List of The Barents Region // Proceedings of the 20<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. – 2020. – Vol. 20. – Is. 5.1. – P. 91–98. – DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.012.

4. Кряжев А. М., Очеретенко Д. П., **Щелчков К. А.**, Фирер А. А. Этапы перехода предприятия целлюлозно-бумажной промышленности к наилучшим доступным технологиям // Зелёные кейсы. – Москва : Деловой экспресс, 2020. – С. 50–57.

5. Гревцов О. В., **Щелчков К. А.**, Эпов А. Н., Остапчук В. В., Чижиков И. П. Применение принципов наилучших доступных технологий: опыт исключения канализационных очистных сооружений из списка экологических «горячих точек» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2020. – № 3. – С. 2–7.

### 3.4. Применение принципов наилучших доступных технологий на стадии вывода технологических процессов из эксплуатации

#### 3.4.1. Отказ от применения технологических процессов и продукции как закономерный этап эволюции технологий

Вопросам эволюции технологий посвящены многочисленные исследования, выполненные в России и за рубежом. Основоположником концепции считается Радован Рихта (Radovan Richta), которого называют также предшественником, предвестником Римского клуба [283]. Наиболее часто об эволюции технологий пишут в контексте смены технологических укладов [88, 89, 90, 206], но на рубеже XX–XXI вв. стали появляться публикации, посвящённые обсуждению будущего промышленности с позиций устойчивого развития [72, 76, 220, 286, 287].

С точки зрения ресурсной и экологической эффективности процессов наиболее чётко этапы эволюции технологий изложены в «Энциклопедии технологий» – многотомном продолжающемся издании, выпускаемом российскими учёными с 2018 г. [190, 284]. Особенность подхода состоит в том, что рассматриваются четыре этапа [182] (см. рисунок 3.4.1).

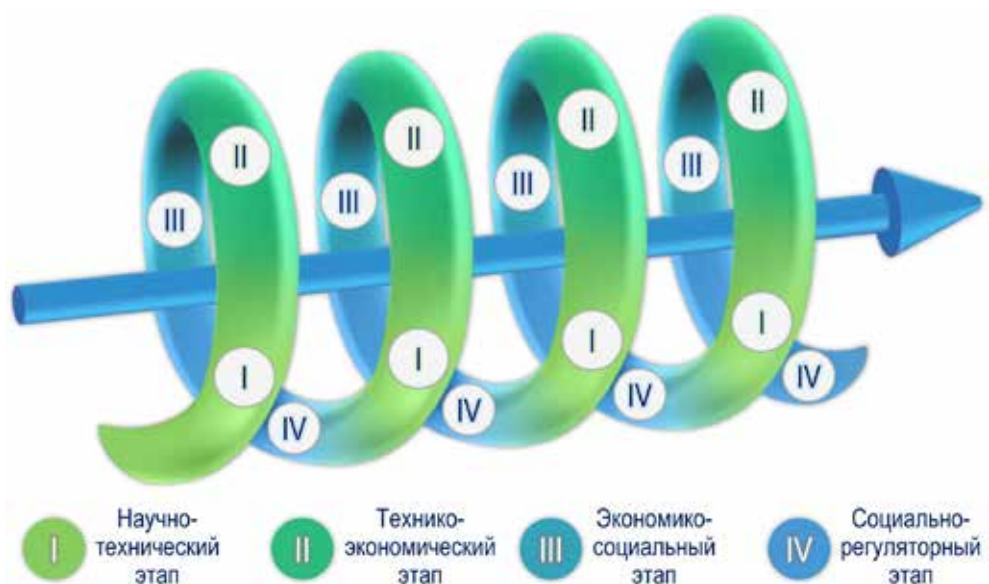


Рисунок 3.4.1 – Спираль эволюции технологий [216, с. 28]

Научно-технический этап соответствует изобретению вещества, материала, открытию новой технологии его получения. Следующий этап исследователи предлагают называть технико-экономическим; именно на этом этапе происходит промышленное освоение технологии, постепенный вывод на рынок новых продуктов или услуг. На экономико-социальном этапе, когда конкретная технология производства доминирует на рынке, начинают проявляться ресурсные и (или) экологические ограничения; в ряде случаев возникает озабоченность общества тем, что негативное воздействие данной технологии (или вещества) на окружающую среду велико, в зоне влияния заметны изменения в состоянии здоровья населения, ресурсы расходуются расточительно. Поэтому четвёртый, социально-регуляторный этап становится заключительным: на международном или национальном уровне принимаются решения об ограничении или запрете дальнейшей эксплуатации технологических процессов, получения и использования конкретных веществ [182, 216].

Смена технологических укладов и вывод из эксплуатации различных технологических процессов обычно становятся объектами исследования истории науки и технологий. Промышленные площадки используются для размещения цехов новых производств либо (после соответствующей подготовки) отдаются под строительство бизнес-центров и жилых комплексов. Однако результаты промышленной деятельности могут проявляться даже в отдалённые периоды времени, например, в связи с накоплением, миграцией и трансформацией химических веществ, которые применялись, производились или образовывались в качестве побочных во время эксплуатации технологических процессов [212, 291].

### **3.4.2. Особенности подходов к выводу химических предприятий и технологических процессов из эксплуатации**

Вывод из эксплуатации – заключительный этап существования предприятия, в то время как отказ от эксплуатации того или иного



технологического процесса – это один из вариантов эколого-технологической модернизации. На рубеже XX–XXI вв. в России было закрыто и перепрофилировано немало предприятий, в том числе, химических (см. рисунок 3.4.2).



Рисунок 3.4.2 – Промплощадка перепрофилируемого химического предприятия (фото: А. А. Волхонский, 2020 г.)

Промышленные площадки некоторых металлургических и целлюлозно-бумажных заводов, в частности, были включены в Перечень экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона [65]. Промышленные площадки и крупные участки размещения отходов, расположенные в различных регионах, были признаны объектами накопленного вреда окружающей среде, которые ликвидируются постепенно в рамках выполнения федерального проекта «Чистая страна» [36, 74, 130, 174, 201]. По состоянию на 03.01.2023 г. в Государственном реестре объектов

накопленного вреда окружающей среде (ГРОНВОС)<sup>7</sup> [19] зарегистрировано 519 объектов накопленного вреда окружающей среде и в их числе – объекты, являющиеся результатом деятельности химического, нефтехимического и целлюлозно-бумажного производства [48] (см. рисунок 3.4.3).

- III. Объекты, являющиеся результатом деятельности химического производства:
- бесхозные объекты капитального строительства, производственные здания / сооружения;
  - объекты размещения промышленных отходов (пруды-накопители, шламонакопители);
  - земли, загрязнённые химическими соединениями;
  - земли, загрязнённые промышленными отходами.
- IV. Объекты, являющиеся результатом деятельности предприятий нефтепереработки, нефтехимического производства:
- нефте-, мазутохранилища;
  - нефтешламовые амбары, нефтебазы;
  - линзы нефтепродуктов.
- VII. Прочие объекты накопленного вреда окружающей среде, включённые в ГРОНВОС:
- объекты размещения и обезвреживания отходов при сборе и обработке сточных вод, вод систем оборотного водоснабжения (хранилища иловых осадков, образующихся в биологических очистных сооружениях);
  - объекты, являющиеся результатом деятельности топливно-энергетической отрасли (отвалы отходов производства электроэнергии и пара – золошлакоотвалы);
  - объекты, являющиеся результатом деятельности целлюлозно-бумажной промышленности;
  - иные объекты накопленного вреда окружающей среде (участок уничтожения химического оружия, места накопления металлолома, полигон строительных отходов и др.).

Рисунок 3.4.3 – Объекты накопленного вреда окружающей среде: химическая, нефтехимическая, целлюлозно-бумажная промышленность [48, с. 3–4]

В 2022 г. был разработан ИТС 53-2022 «Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде», подробно описывающий основанные на НДТ подходы и методы, которые следует применять на практике. ИТС 53-2022 утверждён приказом Росстандарта от 12.12.2022 г. № 3111 [32, 48].

В 2021 г. в Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» были внесены изменения, касающиеся вывода из эксплуатации опасных производственных объектов [14, Ст. 15]. Собственники таких объектов обязаны реализовать мероприятия по ликвидации загрязнения окружающей среды, возникшего в результате

<sup>7</sup> [https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/likvidatsiya\\_nakoplennoego\\_vreda\\_okruzhayushchey\\_srede/](https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/likvidatsiya_nakoplennoego_vreda_okruzhayushchey_srede/)

эксплуатации объекта, и предотвращению дальнейшего распространения загрязнения. Планы мероприятий должны быть подготовлены за 5 лет до окончания срока эксплуатации объекта. Требование не просто выполнить: во-первых, определить точный срок завершения эксплуатации объекта достаточно сложно; в ряде случаев решения принимаются собственниками в крайне сжатые сроки, например, в связи с резким падением рентабельности, в результате процедуры слияния и поглощения и др. Во-вторых, зачастую и собственники, и сотрудники предприятий психологически не готовы к признанию факта конечности жизненного цикла объекта и отказываются как от разработки процедур вывода технологий из эксплуатации, так и от выделения средств, необходимых для их реализации. В конце XX в. на многих целлюлозно-бумажных предприятиях в странах Северной Европы были изменены подходы к энергоснабжению, выведены из эксплуатации установки по производству хлора и технологические процессы хлорного беления [284, 285]. Этот факт получил отражение в национальных и международных справочных документах по НДТ: решение об отказе от хлорного беления (см. главу 2) было принято, когда экономисты подтвердили, что отрасль готова к эколого-технологической модернизации; для перехода был установлен ограниченный период – 4 года [248].

Вероятно, результаты наиболее масштабных и детальных исследований (хотя нередко – противоречивых) описывают последствия деятельности промышленных предприятий, в производственных процессах которых использовалась ртуть и (или) образовывались стойкие органические загрязняющие вещества<sup>8</sup> (см., например, [211, 258, 289]). Для таких объектов целесообразно разрабатывать процедуры подготовки к выводу их из эксплуатации. Неукоснительное выполнение этих процедур позволит снизить риск формирования объектов накопленного экологического вреда.

---

<sup>8</sup> В официальных переводах международных документов принято писать «стойкие органические загрязнители», однако в контексте промышленной экологии «загрязнитель» – это объект (предприятие) загрязняющий (-ее) окружающую среду.

### **3.4.3. Разработка процедуры подготовки к выводу из эксплуатации технологического процесса производства хлора и щелочей методом ртутного электролиза**

Ртуть – одно из приоритетных загрязняющих веществ, необходимость отказа от использования которых признана на международном уровне [4]. В настоящее время положениями пункта 2 статьи 5 и приложением В (часть I) Минаматской конвенции по ртути, подписанной Российской Федерацией на основании распоряжения Правительства РФ от 07.07.2014 г. № 1242-р [28], установлен срок поэтапного вывода из обращения хлорщелочного производства ртутным методом электролиза – 2025 г. Вопросы вероятного переноса сроков отказа от производства водорода, хлора и гидроксида натрия ртутным методом электролиза упомянуты в ИТС 19-2020 «Производство твёрдых и других неорганических химических веществ», однако процедура подготовки к выводу цехов ртутного электролиза из эксплуатации не предложена и не включена в перечень НДТ [46, 201].

Согласно экспертным оценкам, вывод технологического процесса из эксплуатации позволит предотвратить выбросы ртути в атмосферный воздух (достигающие 0,8–0,9 тонн ртути в год). Количество ртути, которое предстоит собрать при выводе цеха из эксплуатации, оценить сложно, речь идёт не только о металле, находящемся в ячейках, но и о загрязнённых почвогрунтах и донных отложениях прудов-отстойников [138].

Международный опыт свидетельствует о том, что в прошлые годы на разных площадках собраны десятки и сотни тонн ртути (1,3–3,8 кг на единицу годового выпуска хлора) [256]. В таблице 3.4.1 приведены характеристики загрязнения грунтов, почв и донных отложений в зоне воздействия типичного предприятия по производству хлора и щелочей методом ртутного электролиза.

Представленные в таблице 3.4.1 данные согласуются с результатами изысканий, выполненных в старых промышленных зонах Испании [260, 266], Румынии [262], Мексики [259], Китая [302]; однако они значительно отличаются от материалов, опубликованных российскими исследователями в части ртутного загрязнения Иркутской области [93]. Поэтому при подготовке к выводу из эксплуатации цехов ртутного электролиза пилотного предприятия предстоит уточнить как масштабы загрязнения, так и пространственное распределение ртути в консервативных средах.

Таблица 3.4.1 – Загрязнение различных сред ртутью в зоне воздействия предприятия по производству хлора и щелочей

Образцы	Концентрация, мг/кг	Образцы	Концентрация, мг/кг
Почвогрунты в пределах промплощадки	145–560	Донные отложения в пруду-отстойнике предприятия	350–780
Почвы в прилегающей зелёной зоне	< 0,01–21	Донные отложения в изолированных водоёмах	7–85

*Таблица составлена автором по материалам исследований, выполненных в 2017–2019 гг. (в том числе в рамках аудита загрязнённой производственной площадки).*

Эксперты специализированных российских компаний, вовлечённых в проекты по ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде, оценивают, как правило, и массу, и объём ртутьсодержащих отходов и отходов демеркуризации от демонтажа цехов ртутного электролиза (ЦРЭ) (см. таблицу 3.4.2).

Разработка наилучших доступных технологий для подготовки к выводу технологических процессов и промышленных производств из эксплуатации призвана:

– обеспечить расширение сферы применения НДТ на заключительную стадию функционирования предприятий или отдельных технологических процессов (что соответствует требованиям природоохранного законодательства);

– сформировать безопасные процедуры, направленные на совершенствование систем экологического менеджмента и подлежащие внедрению в российской промышленности (прежде всего – на предприятиях химической отрасли);

– предотвратить образование объектов накопленного вреда окружающей среде.

Таблица 3.4.2 – Масса и объём ртутьсодержащих отходов и отходов демеркуризации от демонтажа цехов ртутного электролиза (оценочные данные)

№ п/п	Наименование отходов	Количество отходов	
		тыс. т	тыс. м <sup>3</sup>
1	Грунт с включениями строительного мусора, загрязнённый ртутью	4,5–5,1	3,1–3,3
2	Грунт под ЦРЭ, загрязнённый ртутью	48–54	30–40
3	Демонтированные строительные конструкции надземной части ЦРЭ (бетон, кирпич и пр.), подлежащие демеркуризации	Массу не определяют	25–30
4	Конструкции подземной части ЦРЭ, загрязнённые ртутью (фундаменты, лотки и ловушки для ртути)	Массу не определяют	1,5–1,7
5	Демонтированные строительные конструкции надземной части ЦРЭ и прилегающей территории	Массу не определяют	0,05–0,2

*Таблица составлена автором по результатам консультаций с экспертами.*

Структура процедуры (см. рисунок 3.4.4) разработана в порядке методической поддержки предприятия, расположенного в Южном федеральном округе, и представлена в ходе деловой игры (при участии представителей научно-исследовательских, образовательных учреждений, федеральных и региональных органов исполнительной власти) [201].

Многие этапы процедуры связаны с работой с высокотоксичным веществом и отличаются рядом особенностей. В ходе предварительного обследования промышленной площадки устанавливаются все потенциальные источники, оцениваются пути распространения и вероятные реципиенты; при подтверждающем обследовании проводится количественная оценка размеров загрязнённых участков и интенсивности загрязнения.

При проведении работ на промышленной площадке следует учитывать особенности свойств ртути: (1) капли ртути имеют тенденцию опускаться вниз по профилю при отборе проб почвы (жидкое состояние, гидрофобность, поверхностное натяжение и высокая плотность); (2) даже в малых масштабах (на площади 2–3 м<sup>2</sup>) ртутное загрязнение крайне неоднородно, поэтому массовый баланс трудно оценить; (3) летучесть металлической фазы (потери, проблемы со здоровьем и безопасностью).

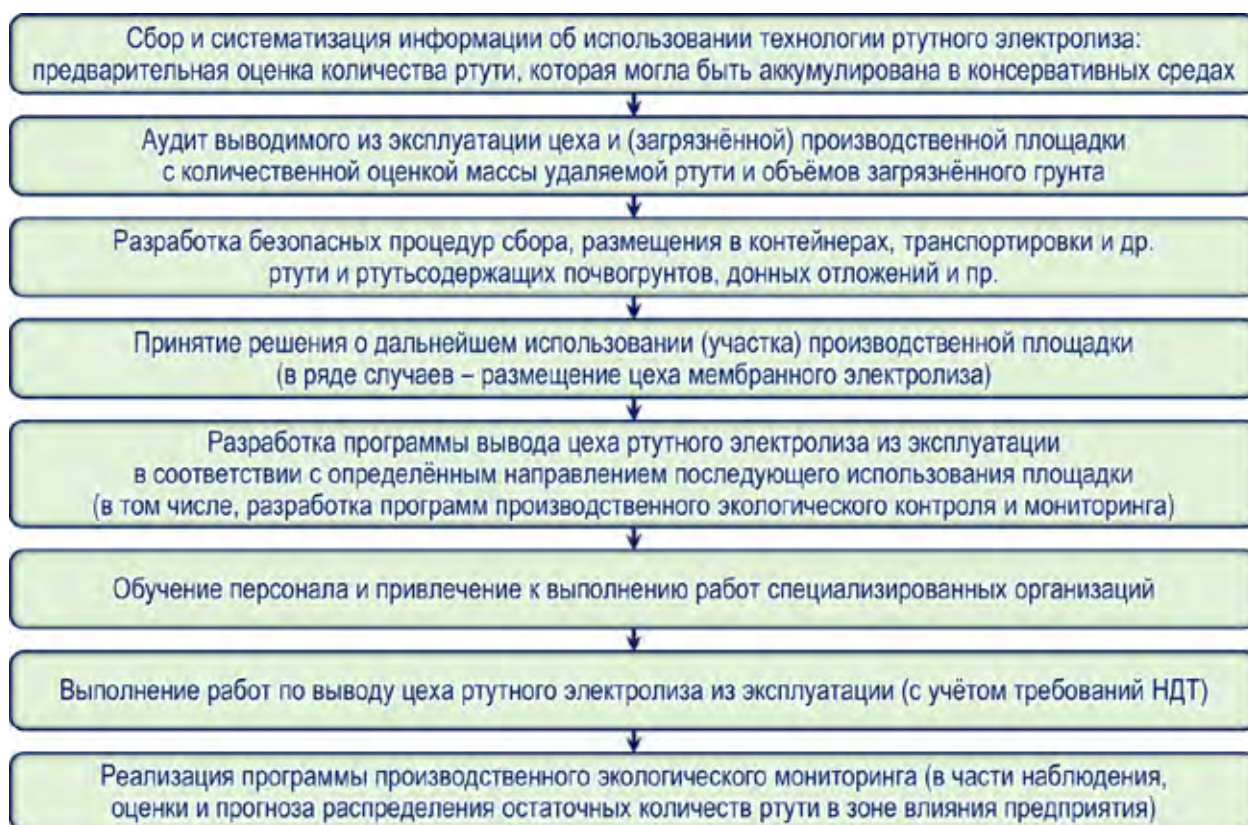


Рисунок 3.4.4 – Структура процедуры вывода из эксплуатации цеха производства хлора и гидроксида натрия методом ртутного электролиза (составлен автором и опубликован в [201])

Помещения цехов электролиза могут быть загрязнены на глубину в несколько метров; концентрации могут достигать сотен и даже тысяч мг/кг. Территории, расположенные вблизи производственной зоны, могут быть загрязнены на глубину до 50–80 см с содержанием ртути порядка десятков мг/кг вследствие осаждения ртути из эмиссии; размер загрязнённой территории зависит от направления и скорости преобладающего ветра.

Стены, полы и бетонные конструкции помещения цеха ртутного электролиза, а также их покрытия могут поглощать ртуть на глубину в несколько сантиметров при концентрации в несколько сотен мг/кг.

Донные отложения, загрязнённые ртутью, могут скапливаться в открытых и подземных канализационных коллекторах, прудах-отстойниках и др. объектах. Ртуть имеет тенденцию накапливаться в более мелких фракциях (<100 мкм) и прочно связываться с гуминовыми веществами. Подземные воды могут быть загрязнены ртутью, которая выщелачивается осадками из поверхностных слоев почвы.

Весьма подробное описание методов рекультивации (ремедиации) загрязнённых ртутью промплощадок и оценка затрат на модернизацию хлорщелочных производств и последующую ремедиацию приведены в фундаментальной работе «Ртуть в хлорной промышленности России». Авторы основывают оценки на результатах российских и зарубежных исследований и пишут о том, что затраты варьируют в интервале 30–75 млн долларов США [214]. Можно предположить, что менеджменту действующих российских предприятий, где продолжается использование ртутного метода производства хлора и щелочей, потребуется изыскать 2–5 млрд рублей для перехода к мембранному способу производства и ремедиации промплощадок.

Процедуру подготовки к выводу из эксплуатации цехов по производству водорода, хлора и гидроксида натрия ртутным методом электролиза целесообразно обсудить с представителями промышленных предприятий и специализированных организаций, формализовать в виде национального стандарта (по принципу НОД) и (или) внести в ИТС 19 «Производство твёрдых и других неорганических химических веществ» при его актуализации. В открытой отчётности предприятий и ассоциаций должен получить отражение факт подготовки процедуры вывода цехов ртутного электролиза из эксплуатации (подробнее подходы



к разработке и распространению публичной нефинансовой отчётности изложены в разделе 3.5).

Таким образом, принципы наилучших доступных технологий смогут найти применение на завершающем этапе жизненного цикла химического предприятия – при подготовке к использованию новой, менее опасной технологии (в описанном случае – мембранного метода производства хлора и щелочей) или при репрофилировании промышленного предприятия. С позиций эволюции технологий речь идёт о четвёртом, социально-регуляторном этапе, так как и на международном, и на национальном уровне приняты решения о постепенном отказе от дальнейшей эксплуатации технологических процессов получения хлора и щелочей методом ртутного электролиза.

Результаты, представленные в разделе 3.4 «Применение принципов наилучших доступных технологий на стадии вывода технологических процессов из эксплуатации», получили отражение в следующих публикациях:

1. Тихонова И. О., **Щелчков К. А.**, Гусева Т. В. Особенности применения инструментов эколого-технологического регулирования на разных этапах жизненного цикла химических предприятий // Химическая промышленность сегодня. – 2022. – № 4. – С. 18–27.

2. Meshalkin V. P., Kulov N. N., Guseva T. V. Tikhonova I. O., Burvikova Yu. N., Bhimani Ch., **Shchelchikov K. A.** Best Available Techniques and Green Chemical Technology: Possibilities for Convergence of Concepts // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2022. – Vol. 56. – No 6. – P. 964–970. – DOI: 10.1134/S0040579522060124.

3. **Щелчков К. А.**, Тихонова И. О. Подходы к использованию инструментов эколого-технологического нормирования на протяжении жизненного цикла химического предприятия // Материалы XIV Международной научно-практической конференции: «Образование и наука для устойчивого развития». – Москва, 2022. – С. 255–259.

4. Гусева Т. В., Тихонова И. О., **Щелчков К. А.** Роль наилучших доступных технологий в формировании экономики замкнутого цикла // Труды международной конференции «Россия в XXI веке в условиях глобальных вызовов: проблемы управления рисками и обеспечения безопасности социально-экономических и социально-политических систем и природно-техногенных комплексов». – Москва: Международный независимый эколого-политологический университет, 2022. – С. 175–181.

5. **Щелчков К. А.**, Тихонова И. О. Применение наилучших доступных технологий на разных этапах жизненного цикла промышленного предприятия // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития». Лузинские чтения – 2022. – Апатиты, 2022. – С. 35–36.

### **3.5. Подготовка информации об экологической и ресурсной эффективности производства с учётом требований наилучших доступных технологий**

#### **3.5.1. Раскрытие экологической информации: рекомендации Глобальной инициативы по отчётности**

Концепции развития публичной нефинансовой отчётности в Российской Федерации была утверждена в 2017 г. В распоряжении Правительства Российской Федерации от 05.05.2017 г. № 876-р «Об утверждении Концепции развития публичной нефинансовой отчётности и плана мероприятий по её реализации» подчёркнуто, что назначение ПНО состоит в предоставлении организациями значимой, полной, своевременной, точной, сбалансированной, сопоставимой, надёжной и объективной информации об их деятельности; при этом информация должна охватывать экономические, экологические, социальные аспекты и функционирование систем менеджмента [25].

С начала 2000-х гг. крупнейшие компании топливно-энергетического комплекса, химические и целлюлозно-бумажные компании (например, ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром», ПАО «ФосАгро», компания «Полиметалл», МХК «Еврохим», АО «ОХК «Уралхим», «Архангельский ЦБК» и др.) разрабатывают, обсуждают с общественностью и распространяют отчёты, в которых представлены сведения о различных программах, проектах, инициативах в области устойчивого развития, включающие сведения об экологической и ресурсной эффективности производства [64, 105, 133]. Анализ информации, размещаемой в сети интернет и публикуемой в виде брошюр буклетов и статей, позволяет сделать заключение о том, что в течение последних 10-15 лет преобладают открытые отчёты, составленные в соответствии с рекомендациями Глобальной инициативы по отчётности (Global Reporting Initiative, GRI) [64, 240]. Система подходов, описанных в общем Руководстве GRI

(далее – Руководство) и чётко структурированных в отраслевых приложениях (стандартах), служит основой для подготовки отчётов об устойчивом развитии организаций различных отраслей экономики, функционирующих во многих странах мира [240]. При этом в Руководстве отмечено, что материалы ПНО должны в обязательном порядке содержать сведения о соответствии требованиям, установленным законодательными и нормативными правовыми актами государств, на территории которых осуществляется деятельность предприятий. В 1990-е гг. это требование широко обсуждалось в контексте локализации производств: заинтересованные стороны задавались вопросом о выполнении международными компаниями требований российского природоохранного законодательства [69, 101].

В настоящее время результаты сравнительной оценки отчётов получают отражение в разнообразных рейтингах (ESG-рейтингах) [109, 158, 274], которые в нашей стране выпускают, например, Российский союз промышленников и предпринимателей совместно с Московской Биржей (Фондовые ESG-индексы МосБиржи – РСПП), Рейтинговое агентство «Эксперт РА», «Национальное рейтинговое агентство» (НРА), «Аналитическое кредитное рейтинговое агентство» (АКРА), «Национальные кредитные рейтинги» [168].

Анализ открытых отчётов, а также публикаций, посвящённых оценке ПНО и формированию рейтингов российских предприятий, свидетельствует о том, что приоритетное внимание уделяется именно *раскрытию информации*, обсуждению как можно большего числа показателей, рекомендованных в Руководстве GRI. Однако публикуемые (раскрываемые) количественные сведения зачастую трудно оценить и невозможно «расшифровать». Уточним нашу позицию: в Руководстве содержится ряд требований, которые позволяют разрабатывать документы, соответствующие ожиданиям заинтересованных сторон, информационно насыщенные,

содержащие качественные и количественные данные. Главное – корректно и с учётом требований российских законодательных и нормативных правовых актов [25] применять рекомендации Руководства, в соответствии с которыми отчёты должны включать [173]:

- сопоставление и оценку результатов деятельности компании, имеющих отношение к аспектам устойчивого развития, по отношению к законам, нормам, кодексам, стандартам и др.;

- сравнение результатов деятельности компании (и её подразделений) с результатами, достигнутыми другими организациями (функционирующими в тех же отраслях экономики), и динамику результатов деятельности компании;

- отражение ожиданий заинтересованных сторон в части устойчивого развития.

Более детальный анализ основного текста Руководства по отчётности и отраслевых приложений позволяет выбрать необходимые показатели экологической и ресурсной эффективности, характеризующие:

- потребление материальных ресурсов (сырья и материалов) и использование вторичных ресурсов в производственных процессах;

- потребление энергии, меры, направленные на повышение энергоэффективности, и достигнутые результаты;

- потребление воды, долю и общий объём многократно и повторно используемой воды;

- эмиссии (выбросы и сбросы) основных загрязняющих веществ;

- эмиссии парниковых газов.

Таким образом, можно сделать вывод, что для отраслей промышленности, отнесённых к областям применения НДТ в Российской Федерации, при подготовке отчёта в соответствии с рекомендациями Руководства целесообразно проводить сопоставление достигнутых показателей с установленными технологическими показателями

(показателями эмиссий) и показателями ресурсной эффективности, систематизированными в отраслевых ИТС, потому что, во-первых, они задают необходимую «систему координат» для оценки результатов, достигнутых компаниями, во-вторых – позволяют формировать обоснованные суждения о соответствии установленным законодательными и нормативными правовыми актами требованиям и о динамике достигнутых предприятиями показателей [189].

С 2022 г. в информационно-технические справочники включаются также индикативные (ориентировочные) показатели выбросов парниковых газов [66, 110], что открывает возможности для проведения сопоставительного анализа по всем группам показателей.

### **3.5.2. Анализ выбранных открытых отчётов об устойчивом развитии: оценка информации об экологической и ресурсной эффективности химических компаний**

Открытые отчёты российских компаний (в том числе химических), размещаемые на официальных сайтах организаций и выпускаемые в виде брошюр, статей и др., весьма редко содержат сведения о соответствии требованиям НДТ, а также о достижении отраслевых технологических показателей экологической и ресурсной эффективности [64, 160]. Практически невозможно проследить и связь между материалами ПНО и информацией, накапливаемой в системах производственного экологического контроля (ПЭК) и мониторинга (ПЭМ) предприятий.

Между тем, с 2015 г. в российских ИТС НДТ устанавливаются численные показатели, которые должны служить как ориентирами при постановке целей и задач в рамках развития систем менеджмента, так и критериями оценки при проведении экологического или энергетического аудита, при рассмотрении заявок на комплексные экологические разрешения, проектов программ повышения экологической эффективности или оценки ПНО. В межотраслевом справочнике ИТС 22.1-2021 «Общие принципы

производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения», подготовленном при участии научного руководителя и автора диссертационного исследования, определены наилучшие практики ПЭК и описаны подходы к разработке отчётности и отражению достигнутых технологических показателей [47].

Рассмотрим отчёты ведущих российских химических компаний за 2020-2021 гг. На рисунке 3.5.1 представлены обезличенные сведения об экологической и ресурсной эффективности трёх выбранных компаний. Технологические процессы, реализованные на предприятиях этих компаний, описаны в ИТС 2-2019, ИТС 16-2016, ИТС 25-2021 и в ряде других информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям. Примеры показателей, достижение которых целесообразно проследить в отчётах этих компаний, приведены в таблице 3.5.1.

Таблица 3.5.1 – Примеры показателей экологической и ресурсной эффективности для производства аммиака

Производство аммиака из природного газа мощностью 1360-2000 т в сутки в однолинейном агрегате на базе парового каталитического риформинга в прямоточной трубчатой печи и вторичного паровоздушного риформинга с отделением очистки и подготовки синтез-газа, с синтезом аммиака под давлением 22-31 МПа по циркуляционной схеме (АМ-70, АМ-76, ТЕС)	
Технологические показатели НДТ и показатели энергоэффективности	Значения показателей
Наименование загрязняющих веществ (выбросы в атмосферный воздух)	
Азота диоксид и азота оксид суммарно (NO <sub>x</sub> ), кг/т аммиака	1,89
Углерода монооксид, кг/т аммиака	1,41
Потребление энергии	
Потребление природного газа, м <sup>3</sup> /т аммиака	1073–1275
Потребление электроэнергии, кВт·ч/т аммиака	52–159

Таблица составлена автором по [39].

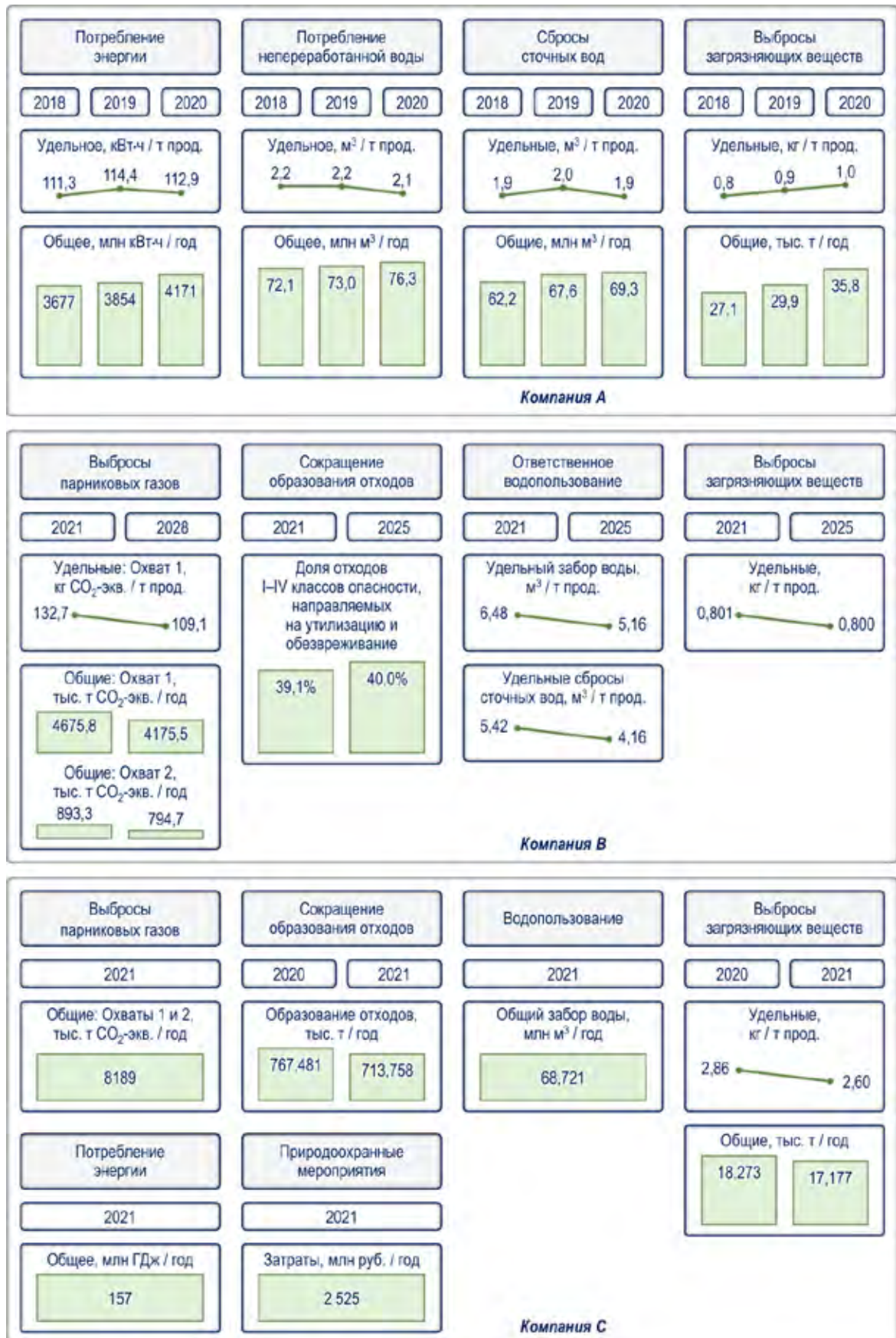


Рисунок 3.5.1 – Примеры показателей ресурсной и экологической эффективности производства, приведённых в публичной нефинансовой отчётности крупных химических компаний (составлен автором)



Из рассмотрения данных, представленных на рисунке 3.5.1, видно, что для составления отчёта компании А выбраны следующие показатели:

– ресурсной эффективности: удельные показатели потребления энергии, кВт·ч/т продукции<sup>9</sup>; переработанной воды, м<sup>3</sup>/т продукции (то есть воды, не используемой в водооборотных циклах);

– экологической эффективности: удельные показатели сбросов сточных вод, м<sup>3</sup>/т продукции; выбросов загрязняющих веществ (кг/т продукции).

Приведены сведения о суммарных характеристиках потребления ресурсов, а также выбросов загрязняющих веществ (тыс. т в год) и сбросов сточных вод (млн м<sup>3</sup> в год). То есть, формально рекомендации Руководства в части выбора показателей соблюдены; показана также динамика их изменения. Однако ни сопоставления результатов с установленными требованиями, ни их оценки в рассматриваемом отчёте нет. Более того, расчёт удельных показателей не имеет особого смысла, так как они не отнесены к какому-то конкретному виду продукции, а представлены в агрегированном виде, то есть, сравнить их, например, с лучшими, средними по отрасли или с установленными технологическими показателями (см. таблицу 3.5.1) не представляется возможным.

В отчёте другой крупной компании (компании В) за 2021 г. отражены показатели, характеризующие:

– выбросы парниковых газов (охваты 1 и 2, в том числе, удельные выбросы по охвату 1, кг СО<sub>2</sub>-экв./т продукции);

– удельные объёмы забора свежей воды и сброса сточных вод, м<sup>3</sup>/т продукции;

– сокращение удельных выбросов загрязняющих веществ, кг/т продукции.

---

<sup>9</sup> Вероятно, электроэнергии, так как общее потребление, с учётом значительной доли тепловой энергии целесообразно приводить в системных единицах – ГДж.

Так же, как и в отчёте компании А, не приведены сведения о том, о какой именно продукции идёт речь; нет и сравнения достигнутых показателей с установленными в соответствующих ИТС показателями. Отметим, что примечательной чертой отчёта является то, что в нём указаны целевые показатели, которые компания намерена достичь к 2025 г. Кроме того, в тексте отчёта сказано, что промышленные предприятия компании стремятся достичь соответствия требованиям отраслевых НДТ.

Составители отчёта третьей компании (компании С) выбрали показатели, которые более привычны для российского читателя и достаточно часто встречаются на сайтах различных организаций – валовые выбросы загрязняющих веществ, годовое снижение суммарных выбросов (6 % в год), сокращение образования отходов (7 % в год). Приведены также характеристики снижения удельных выбросов загрязняющих веществ (9 % в год), значения удельных выбросов парниковых газов (охваты 1 и 2, кг CO<sub>2</sub>-экв./т продукции) и суммы затрат на природоохранные мероприятия.

Таким образом, количественная экологическая информация во всех рассмотренных отчётах приведена, она значима и подготовлена своевременно. Однако её сложно считать сбалансированной и сопоставимой (а это требования российской Концепции развития ПНО [25]). Не прослеживаются ни сопоставление, ни оценка достигнутых результатов с точки зрения применения чётких критериев (в данном случае – критериев наилучших доступных технологий и степени достижения установленных отраслевых показателей НДТ). Несмотря на присутствие ряда удельных показателей, в отчётах не указано, к производству какой именно продукции эти показатели относятся, поэтому соотнести их с показателями экологической и (или) ресурсной эффективности, достижимыми при применении НДТ, невозможно.

Безусловно, сопоставление каждого удельного показателя по всем видам выпускаемой продукции с технологическими показателями,

приведёнными, например, в ИТС 2-2019 (таких показателей десятки), перегрузило бы отчёты и не способствовало бы улучшению их восприятия заинтересованными сторонами. Но акцентирование внимания на соответствии требованиям НДТ при производстве наиболее энергоёмких продуктов (таких, как аммиак) позволило бы усилить и значимость, и сопоставимость приведённой в открытых отчётах информации.

Для подготовки таких данных предприятиям необходимо проводить добровольную оценку соответствия НДТ. Подчеркнём, речь идёт именно о добровольной оценке, не связанной с процессами оценки проектов программ повышения экологической эффективности или заявок на комплексные экологические разрешения [80]. В порядке научно-методической поддержки промышленных предприятий и с учётом опыта взаимодействия с ведущими химическими компаниями в НИИ в 2023 г. «Центр экологической промышленной политики» разрабатывается национальный стандарт «Методические рекомендации по порядку проведения определения соответствия наилучшим доступным технологиям промышленных предприятий» [80].

Отметим, что для достижения ЦУР 12 «Ответственное (устойчивое) потребление и производство» эксперты ООН рекомендуют уделить особое внимание решению задачи 12.6 «Интегрирование информации об устойчивом развитии в отчётность компаний». При этом в описании индикатора 12.6.1 указано, что эта информация должна быть верифицируемой, а показатели – сопоставимыми с таковыми, достигнутыми, например, в стране, регионе, отрасли [254].

Обсуждение проблемы сопоставимости информации ПНО продолжается уже несколько лет, и некоторые компании стали размещать на своих интернет-сайтах отдельные статьи, параграфы и пр., посвящённые аспектам перехода к НДТ [64]. Определённый опыт накапливается также в ходе выполнения проекта «Зелёные ситуационные исследования» [186].

### 3.5.3. Ситуационные исследования как форма открытой отчётности

Экологическое (зелёное) ситуационное исследование – это исследование, цель которого состоит в анализе, систематизации и описании результатов применения конкретных практических решений, позволяющих добиваться повышения ресурсной эффективности производства и снижения негативного воздействия на окружающую среду; такие решения могут применяться как на отдельном предприятии, так и в рамках промышленно-экологического симбиоза [263, 275].

Систематизацию результатов экологических ситуационных исследований (например, в форме статей альманаха «Зелёные проекты» [117, 118]) можно рассматривать как одну из форм открытой отчётности, в которой выводы об экологической и ресурсной эффективности предприятий формируются на основании оценки соответствия применяемых процессов и достигнутых технологических показателей требованиям наилучших доступных технологий.

В 2020–2022 гг. объектами ситуационных исследований выступали предприятия, а также промышленные симбиозы, действующие на региональном уровне и реализующие проекты, направленные на снижение выбросов и сбросов загрязняющих веществ и эмиссий парниковых газов, повышение эффективности использования природных ресурсов, вовлечение вторичных ресурсов в производственные процессы [117, 118, 156]. Формирование промышленных симбиозов способствует достижению ЦУР 12 12.2 «Устойчивое управление природными ресурсами и повышение ресурсной эффективности (производства и потребления)».

Рассмотрим практический пример – промышленный симбиоз металлургического и цементного предприятий (рисунок 3.5.2). В цементной отрасли вопросам перехода к НДТ уделяется значительное внимание; многие компании участвуют в пилотных проектах, готовят и выполняют ППЭЭ, получают комплексные экологические разрешения [178, 195].



Рисунок 3.5.2 – Зелёное ситуационное исследование: производство цемента в соответствии с требованиями наилучших доступных технологий (составлен автором на основе [188])

В анализируемом промышленном симбиозе накопленные в течение 50 лет и вновь образующиеся шлаки металлургического производства используются в составе сырьевой муки при производстве цементного клинкера (30–35 %), что позволяет, во-первых, повысить ресурсную (в том числе энергетическую эффективность) и, во-вторых, несколько сократить выбросы оксидов азота – маркерных веществ для процесса сжигания топлива (природного газа). Для достижения требований НДТ предприятие реализует программу повышения экологической эффективности и внедряет технологию селективного некаталитического восстановления оксидов азота. На практике применение находят многие НДТ, установленные в ИТС 6-2022, в том числе, ключевые [44]:

- НДТ 1а: снижение удельных расходов сырьевых материалов для производства портландцементного клинкера и цемента (замена природных сырьевых компонентов отходами производства);
- НДТ 3а: сокращение / минимизация удельных расходов тепла на обжиг клинкера (использование сухого способа производства, оптимизация количества ступеней циклонного теплообменника

в соответствии с характеристиками используемых сырьевых материалов); показатель удельного потребления энергии 3,55–4,12 ГДж/т клинкера;

– НДТ 10а и 10е: снижение выбросов  $\text{NO}_x$  в отходящих печных газах (оптимизация процесса обжига и применение технологии селективного некаталитического восстановления оксидов азота); технологический показатель НДТ  $\leq 500 \text{ мг NO}_x/\text{м}^3$ .

Использование обработанного шлака в качестве добавки к клинкеру позволило также расширить ассортимент продукции, производимой предприятием, включив в него:

– портландцемент типа ЦЕМ II, подтипа А со шлаком (Ш) от 6 % до 20 %, класса прочности 42,5 нормальноотвердеющий;

– портландцемент типа ЦЕМ II, подтипа В со шлаком (Ш) от 21 % до 35 %, класса прочности 32,5 нормальноотвердеющий;

– сульфатостойкий портландцемент с содержанием шлака от 6 % до 20 %, класса прочности 42,5 нормальноотвердеющий.

В 2023 г. будет проведён бенчмаркинг удельных выбросов парниковых газов для производства цемента и установлены индикативные показатели, которые предложено использовать в системе углеродного регулирования, формируемой в настоящее время в Российской Федерации в соответствии с Федеральным законом «Об ограничении выбросов парниковых газов» [8, 110]. В этом случае разработчики ПНО получают возможность писать уже не только о сокращении выбросов  $\text{CO}_2$ , но и о достижении соответствия установленным индикативным показателям.

Спектр зелёных ситуационных исследований расширяется; в 2023 г. должны быть опубликованы результаты, достигнутые рядом ведущих химических предприятий. С учётом опыта подготовки альманахов [117, 118] и использования систематизированных материалов в целях повышения квалификации кадров автором диссертационного исследования разработан национальный стандарт ГОСТ Р 70134-2022 «Ресурсосбережение.

Методические рекомендации по представлению результатов ситуационных исследований в промышленности, направленных на повышение ресурсной эффективности».

Результаты, представленные в разделе 3.5 «Подготовка информации об экологической и ресурсной эффективности производства с учётом требований наилучших доступных технологий», получили отражение в следующих публикациях:

1. Молчанова Я. П., **Щелчков К. А.**, Волосатова А. А., Тихонова И. О. Подготовка информации об экологической и ресурсной эффективности производства: учёт требований наилучших доступных технологий // Химическая промышленность сегодня. – 2022. – № 5. – С. 10–17.

2. Тихонова И. О., **Щелчков К. А.**, Гусева Т. В. Особенности применения инструментов эколого-технологического регулирования на разных этапах жизненного цикла химических предприятий // Химическая промышленность сегодня. – 2022. – № 4. – С. 18–27.

3. Tikhonova I., Guseva T., Averochkin E., **Shchelchkov K.** Best Available Techniques and Best Environmental Management Practices: Collaboration between Industries and Regions // Procedia Environmental Science, Engineering and Management. – 2021. – Vol. 8. – No 2. – P. 495–505. – [https://procedia-esem.eu/pdf/issues/2021/no2/20\\_52\\_Tikhonova\\_21.pdf](https://procedia-esem.eu/pdf/issues/2021/no2/20_52_Tikhonova_21.pdf).

4. Vakula M. A., Guseva T. V., **Shchelchkov K. A.**, Tikhonova I. O., Molchanova Y. P. Green and Resilient City: Obligatory Requirements and Voluntary Actions in Moscow // Green Technologies and Infrastructure to Enhance Urban Ecosystem Services. Springer Geography, 2020. – P. 249–268. – DOI: 10.1007/978-3-030-16091-3\_27.

5. Guseva T., **Shchelchkov K.**, Sanzharovskiy A., Molchanova Ya. Best Available Techniques, Energy Efficiency Enhancement and Carbon Emissions Reduction // Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. – 2019. – Vol. 19. – Is. 5.1. – P. 63–70. – DOI: 10.5593/sgem2019/5.1/S20.008.

## Заключение

Таким образом, в результате решения задач исследования разработаны подходы к применению концепции наилучших доступных технологий в качестве основы эколого-технологического регулирования на протяжении жизненного цикла предприятий, реализующих химико-технологические процессы производства продукции.

### Выводы:

1. Разработана классификация норм общего действия как инструмента технологического регулирования источников негативного воздействия на окружающую среду, охватывающая: (1) НОД для источников незначительного НВОС; (2) НОД, разъясняющие особенности применения отраслевых справочников по НДТ для сокращения негативного воздействия на атмосферный воздух и (или) водные объекты; (3) НОД, представляющие собой процедуры экологического менеджмента, в том числе применимые при подготовке к выводу из эксплуатации технологических процессов, в которых используются и (или) образуются опасные химические вещества.

2. Определены возможные направления сближения концепции НДТ, применяемой для эколого-технологического регулирования деятельности химических предприятий, и концепции зелёной химии, нацеленной на создание новых технологических процессов и систем, характеризующихся минимальным негативным воздействием на окружающую среду и человека. Показано, что учёт принципов зелёной химии при разработке ИТС позволит усилить внимание к предотвращению вовлечения в производственные циклы опасных химических веществ.

3. Обоснована необходимость применения ИТС НДТ в процедурах оценки воздействия на окружающую среду проектов развития намечаемой деятельности. На примере промышленного симбиоза химических предприятий показано, что учёт требований НДТ на этапе выбора



альтернативных технологических решений способствует повышению экологической и ресурсной эффективности предприятий при реализации намечаемой деятельности.

4. Предложен порядок применения показателей НДТ при постановке целей и задач развития СЭМ и СЭнМ промышленных предприятий. Показано, что для нормирования источников незначительного НВОС, расположенных на промплощадках промышленных предприятий, целесообразно разрабатывать и применять НОД, которые представляют собой требования, предъявляемые к порядку эксплуатации установок и направленные на минимизацию негативного воздействия.

5. Доработана и апробирована на пилотном предприятии целлюлозно-бумажной промышленности процедура исключения российских промышленных предприятий из Перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона; в актуализированной процедуре впервые в качестве доказательной базы использованы результаты реализации программ эколого-технологической модернизации и достижения соответствия требованиям НДТ.

6. Обоснована целесообразность включения в российские ИТС НДТ процедур подготовки к выводу из эксплуатации технологических процессов и (или) промышленных предприятий, использующих в производстве опасные химические вещества. Структура модельной процедуры разработана на примере производства хлора и щелочей методом ртутного электролиза.

7. В результате анализа информации об экологической и ресурсной эффективности российских химических предприятий, представленной в публичной нефинансовой отчетности, сформулированы рекомендации по использованию показателей НДТ для повышения сопоставимости и объективности информации ПНО, а также подготовлен национальный стандарт ГОСТ Р 70134-2022 «Ресурсосбережение. Методические

рекомендации по представлению результатов ситуационных исследований в промышленности, направленных на повышение ресурсной эффективности».

Перспективным направлением развития работ может стать расширение спектра ситуационных исследований и разработка требований к оценке проектов устойчивого развития на основе концепции наилучших доступных технологий.

## Список литературы

### Нормативные правовые акты и документы на русском языке

1. Конвенция о защите Чёрного моря от загрязнения. – Бухарест, 21.04.1992 г. // Справочно-правовая система «Гарант». – URL: <https://base.garant.ru/1148132/> (дата обращения: 03.03.2023 г.).
2. Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря. – Хельсинки, 1992 г. // Хельсинкская конвенция по Балтийскому морю. Официальный сайт. – URL: <http://helcom.ru/media/helcon.pdf> (дата обращения: 03.03.2023 г.).
3. Конвенция по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (ОСПАР). – Париж, 22.09.1992 г. // Справочно-правовая система «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901916570> (дата обращения: 03.03.2023 г.).
4. Минаматская конвенция о ртути. – Минамата, 10.10.2013 г. // Минаматская конвенция о ртути. Официальный сайт. – URL: <https://mercuryconvention.org/sites/default/files/2021-06/Minamata-Convention-booklet-rus-full.pdf> (дата обращения: 03.03.2023 г.).
5. Рамочная конвенция по защите морской среды Каспийского моря. – Тегеран, 04.11.2003 г. // Каспийский центр экологической информации. Официальный сайт. – URL: [https://tehranconvention.org/system/files/tc-interim-secretariat/tehran\\_convention\\_text\\_final\\_rus.pdf](https://tehranconvention.org/system/files/tc-interim-secretariat/tehran_convention_text_final_rus.pdf) (дата обращения: 03.03.2023 г.).
6. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. – Стокгольм, 2001 // Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. Официальный сайт. – URL: [http://chm.pops.int/Portals/0/sc10/files/a/stockholm\\_convention\\_text\\_r.pdf](http://chm.pops.int/Portals/0/sc10/files/a/stockholm_convention_text_r.pdf) (дата обращения: 03.03.2023 г.).

7. О предотвращении и комплексном контроле загрязнений окружающей среды: Модельный закон. Принят на тридцать первом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств – участников СНГ (постановление № 31-8 от 25.11.2008 г.). – Санкт-Петербург : Кодекс, 2008. – 60 с.
8. Об ограничении выбросов парниковых газов: Федеральный закон Российской Федерации от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2021. – № 27 (Часть I). – Ст. 5124.
9. Об охране атмосферного воздуха: Закон Союза Советских Социалистических Республик от 25.06.1980 г. № 2353-X. – Москва, 1980. – Ведомости Верховного Совета СССР. – № 27. – Ст. 528.
10. Об охране окружающей среды: Федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 2. – Ст. 133.
11. Об охране окружающей среды: Федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2022. – № 1. – Ст. 15.
12. Об экологической экспертизе: Федеральный закон Российской Федерации от 23.11.1995 г. № 174-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1995. – № 48. – Ст. 4556.
13. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2014. – № 30 (Части I–II). – Ст. 4220.
14. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.2021 г. № 446-ФЗ

- // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2022. – № 1 (Части I–IV). – Ст. 15.
15. О промышленной политике в Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 31.12.2014 г. № 488-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2015. – № 1 (Часть I). – Ст. 41.
  16. О полномочном представителе Президента Российской Федерации в федеральном округе: Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2000 г. № 849 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2000. – № 20. – Ст. 2112.
  17. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом Российской Федерации 30.04.2012 г.) // Справочно-правовая система «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902369004> (дата обращения: 03.03.2023 г.).
  18. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий: Постановление Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 г. № 2398 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2021. – № 2. – Ст. 447.
  19. Об утверждении Правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде: Постановление Правительства Российской Федерации от 13.04.2017 г. № 445 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2017. – № 17. – Ст. 2568.
  20. Об утверждении Правил рассмотрения заявок на получение комплексных экологических разрешений, выдачи, переоформления, пересмотра, отзыва комплексных экологических разрешений и внесения изменений в них: Постановление Правительства Российской Федерации от 13.04.2017 г. № 445 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2017. – № 17. – Ст. 2568.

- Федерации от 13.02.2019 г. № 143 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2019. – № 8. – Ст. 777.
21. Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ: Постановление Правительства Российской Федерации от 13.03.2019 г. № 262 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2019. – № 11. – Ст. 1146.
  22. Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов: Постановление Правительства Российской Федерации от 15.09.2020 г. № 1430 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2020. – № 39. – Ст. 6029.
  23. О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям: Постановление Правительства Российской Федерации от 23.12.2014 г. № 1458 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2016. – № 42 – Ст. 5932.
  24. Об утверждении комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19.03.2014 г. № 398-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2014. – № 13. – Ст. 1494.
  25. Об утверждении Концепции развития публичной нефинансовой отчётности и плана мероприятий по её реализации: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 05.05.2017 г. № 876-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2017. – № 21. – Ст. 3037.

26. Об утверждении поэтапного графика актуализации отраслевых справочников наилучших доступных технологий: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30.04.2019 г. № 866-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2019. – №. 19. – Ст. 2338.
27. Об утверждении поэтапного графика создания в 2015–2017 годах отраслевых справочников наилучших доступных технологий: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.10.2014 г. № 2178-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2014. – № 46. – Ст. 6379.
28. О подписании Минаматской конвенции о ртути: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 07.07.2014 г. № 1242-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2014. – № 28. – Ст. 4123.
29. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.04.2018 г. № 154 «Об утверждении перечня объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, относящихся к I категории, вклад которых в суммарные выбросы, сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее чем 60 процентов» // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201807020040> (дата обращения: 03.03.2023 г.).
30. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 25.03.2019 г. № 191 «Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий производства стекла» // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201904190043> (дата обращения: 03.03.2023 г.).

31. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01.12.2020 г. № 999 «Об утверждении требований к материалам оценки воздействия на окружающую среду» // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202104210002> (дата обращения: 03.03.2023 г.).
32. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12.12.2022 г. № 3111 «Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде» // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Официальный сайт. – URL: [https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/NDT/sprav\\_NDT\\_2022](https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/NDT/sprav_NDT_2022) (дата обращения: 03.03.2023 г.).
33. Перечень поручений по результатам проверки исполнения положений законодательства об обращении с отходами производства и потребления, отнесенными к III классу опасности (утв. Президентом Российской Федерации 16.09.2020 г. № Пр-1489) // Президент Российской Федерации. Официальный сайт. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/64046> (дата обращения: 03.03.2023 г.)
34. Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 08.07.2015 г. № 1316-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2015. – № 29 (Часть II). – Ст. 4524.
35. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Разработан Минэкономразвития России в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 07.05.2012 г. № 596 «О долгосрочной



- государственной экономической политике» // Правительство Российской Федерации. Официальный сайт. – URL: [http://archive.government.ru/media/2013/3/25/55481/file/prognoz\\_2030.pdf](http://archive.government.ru/media/2013/3/25/55481/file/prognoz_2030.pdf) (дата обращения: 03.03.2023 г.).
36. Паспорт Национального проекта «Экология» // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Официальный сайт. – URL: [https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy\\_proekt\\_ekologiya/](https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/) (дата обращения: 03.03.2023 г.).
37. ИТС 1-2015 Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2015. – 479 с.
38. ИТС 1-2022 Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2022. – 418 с.
39. ИТС 2-2019 Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2019. – 836 с.
40. ИТС 2-2022 Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2022. – 849 с.

41. ИТС 4-2015 Производство керамических изделий : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2015. – 236 с.
42. ИТС 5-2015 Производство стекла : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2015. – 99 с.
43. ИТС 5-2022 Производство стекла : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2022. – 140 с.
44. ИТС 6-2022 Производство цемента : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2022. – 294 с.
45. ИТС 19-2016 Производство твёрдых и других неорганических химических веществ : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2016. – 314 с.
46. ИТС 19-2020 Производство твердых и других неорганических химических веществ : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2020. – 490 с.
47. ИТС 22.1-2021 Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям /

- Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.  
– Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2021. – 172 с.
48. ИТС 53-2022 Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Бюро НДТ, 2022. – 147 с.
49. ГОСТ 7.2.3.02-78 Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями : Межгосударственный стандарт : Дата введения 1980-01-01 / Государственный комитет СССР по стандартам. – Издание официальное. – Москва : Издательство стандартов, 1978. – 11 с.
50. ГОСТ 17.0.0.04-90 Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения : Межгосударственный стандарт : Дата введения 1990-10-15 / Государственный комитет СССР по охране природы. – Издание официальное. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 16 с.
51. ГОСТ Р 113.00.03-2019 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника : Национальный стандарт Российской Федерации : Дата введения 2020-02-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 18 с.
52. ГОСТ Р 113.38.01-2019 Наилучшие доступные технологии. Малые котельные. Стандартные правила : Национальный стандарт Российской Федерации : Дата введения 2019-12-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 23 с.
53. ГОСТ Р 56164-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчёта выбросов при сварочных работах на основе удельных

- показателей : Национальный стандарт Российской Федерации : Дата введения 2015-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 47 с.
54. ГОСТ Р 56828.5-2015 Наилучшие доступные технологии. Методические рекомендации по порядку применения информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям при оценке воздействия планируемой (намечаемой) хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду : Национальный стандарт Российской Федерации : Дата введения 2016-09-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 8 с.
55. ГОСТ Р 56828.8-2015 Наилучшие доступные технологии. Методические рекомендации по описанию наилучших доступных технологий в информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям : Национальный стандарт Российской Федерации : Дата введения 2016-09-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 8 с.
56. ГОСТ Р 56828.44-2018 Наилучшие доступные технологии. Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот. Выбор маркерных веществ для выбросов в атмосферу от промышленных источников : Национальный стандарт Российской Федерации : Дата введения 2019-04-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 19 с.
57. ГОСТ Р 56828.45-2019 Наилучшие доступные технологии. Производство цемента. Производственный экологический контроль : Национальный стандарт Российской Федерации : Дата введения 2019-

- 03-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 20 с.
58. ГОСТ Р 56828.46-2019 Наилучшие доступные технологии. Производство цемента. Порядок подготовки заявки на комплексное экологическое разрешение : Национальный стандарт Российской Федерации : Дата введения: 2019-03-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 27 с.
59. ГОСТ Р 56828.47-2019 Наилучшие доступные технологии. Производство цемента. Выбор маркерных показателей для выбросов в атмосферу от промышленных источников : Национальный стандарт Российской Федерации : Дата введения: 2019-03-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 19 с.
60. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Официальный сайт. – URL: [https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/GN\\_sreda%20obitaniya\\_compressed.pdf](https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/GN_sreda%20obitaniya_compressed.pdf) (дата обращения: 03.03.2022 г.).
61. Административное предписание к Федеральному Закону Германии «Об охране окружающей среды от вредных воздействий» Технического руководства по поддержанию чистоты атмосферного воздуха 2002 г. – Москва : ГИЦ. – 2020. – 160 с.

#### **Научная литература и источники на русском языке**

62. Антонинова Н. Ю., Солодухина А. А., Гревцев Н. В. Комплексное экологическое разрешение: аспекты, вопросы и особенности

- оформления // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2020. – № 6. – С. 87–94.
63. Артов А. М., Долинина Ю. Л., Заика Е. А., Хмелева Е. Н., Хотулева М. В. Практическое пособие по организации и проведению стратегической экологической оценки в Российской Федерации. – Москва : ГЭФ, 2017. – 133 с.
64. Бакурова Э. Ю., Молчанова Я. П. Открытая нефинансовая отчётность, наилучшие доступные технологии и экологическая результативность компаний // Вестник РХТУ им. Д. И. Менделеева: Гуманитарные и социально-экономические исследования. – 2021 – Т. 2. – № 1. – С. 103–105.
65. Бамбуляк А. М., Голубева С. Г., Савинов В. В. Оценка доклада по «горячим точкам» Баренцева региона. Описание состояния 42 исходных экологических «горячих точек». – Хельсинки: НЕФКО/БФГТ, 2013. – 133 с. – URL: [https://www.barents-council.org/files/Ministerial-Meetings/Environment\\_Ministers\\_Meeting\\_4\\_5\\_Nov\\_2013\\_Inari\\_HotSpots\\_Assessment\\_Report\\_RUS.pdf](https://www.barents-council.org/files/Ministerial-Meetings/Environment_Ministers_Meeting_4_5_Nov_2013_Inari_HotSpots_Assessment_Report_RUS.pdf) (дата обращения: 03.03.2022 г.).
66. Башмаков И. А., Скобелев Д. О., Борисов К. Б., Гусева Т. В. Системы бенчмаркинга по удельным выбросам парниковых газов в чёрной металлургии // Чёрная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2021. – Т. 77. – № 9. – С. 1071–1086.
67. Бегак М. В., Гусева Т. В., Боравская Т. В., Руут Ю., Молчанова Я. П., Захаров А. И., Сивков С. П. Наилучшие доступные технологии и комплексные экологические разрешения: перспективы применения в России / Под ред. М. В. Бегака. – Москва : ЮрИнфоР-Пресс, 2010. – 220 с.

68. Бегак М. В., Гусева Т. В. Проблемы проведения экологической реформы в России // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2015. – № 5. – С. 70–78.
69. Бегак М. В., Кулибаба В. В., Руут Ю., Молчанова Я. П. Превентивные механизмы охраны окружающей среды в России и Европейском союзе: перспективы гармонизации / Под ред. М. В. Бегака. – Москва : ЮрИнфоР-Пресс, 2010. – 198 с.
70. Беднова О. В., Кручина Е. Б., Кузнецов В. А., Мустафин Д. И. Зелёные технологии для устойчивого развития. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2014. – 164 с.
71. Бобылев С. Н., Кудрявцева О. В., Скобелев Д. О., Соловьева С. В., Яковлева Е. Ю. НДТ: новая российская технологическая революция. – Москва : Центр экологической промышленной политики, 2021. – 246 с.
72. Бобылев С. Н., Скобелев Д. О. Природный капитал и технологические трансформации // Менеджмент в России и за рубежом. – 2020. – № 1. – С. 89–100.
73. Брагин Е. В., Макеенко П. А., Гусева Т. В. О технологических нормативах и иных условиях НДТ, включаемых в экологические разрешения (на примере Великобритании) // Наилучшие доступные технологии. – Москва : АСМС, 2017. – С. 99–123.
74. Бубнов А. Г., Буймова С. А., Моисеев Ю. Н. Фиторемедиация почвенных экосистем от последствий их загрязнения нефтепродуктами // Пожарная и аварийная безопасность. – 2019. – № 4 (15). – С. 44–55.
75. Бурматова О. П. Модернизация инструментов экологической политики и проблемы их внедрения // Регион: экономика и социология. – 2015. – № 3. – С. 170–194.
76. Вайцеккер Э. У. Фактор четыре: затрат – половина, отдача – двойная: Новый доклад Римскому клубу. – Москва : Academia, 2000. – 400 с.

77. Васильева Е. Г. Влияние антропогенной фосфорной нагрузки на пресноводные объекты Российской Федерации : Диссертация ... кандидата технических наук : 03.02.08 – Москва, 2021. – 133 с.
78. Винокуров Е. Г., Невмятулина Х. А., Гусева Т. В., Курошев И. С. Ресурсная и экологическая эффективность гальванического производства: вопросы водопотребления // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 118–125.
79. Волков С. Н., Рублевская О. Н., Тихонова И. О. Гусева Т. В., Иикканен М. Опыт развития объектов водоотведения ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»: этапы перехода к наилучшим доступным технологиям // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – № 6. – С. 104–120.
80. Волосатова А. А., Гусева Т. В., Скобелев Д. О. Добровольная экспертная оценка соответствия российских предприятий требованиям НДТ // Компетентность. – 2022. – № 7. – С. 14–20.
81. Волосатова А. А., Курошев И. С., Ежова О. С. Обзор нормативной правовой базы в области наилучших доступных технологий // Рациональное освоение недр. – 2019. – № 5. – С. 16–22.
82. Волосатова А. А., Морокишко В. В., Цай М. Н., Бегак М. В. Анализ правового регулирования получения комплексного экологического разрешения // Компетентность. – 2020. – № 1. – С. 18–25.
83. Волосатова А. А., Ученев А. А., Скобелев Д. О. Формирование концепции внедрения принципов зелёной экономики в Евразийском экономическом союзе: роль гармонизации подходов к повышению ресурсной эффективности // Вестник евразийской науки. – 2022. – 14. – № 4. – С. 14.
84. Воронина А. А., Преображенский Б. Г., Сироткина Н. В. Наилучшие доступные технологии как инструменты снижения негативного воздействия на окружающую среду: правила и критерии выбора //



- Регион: системы, экономика, управление. – 2019. – № 1 (44). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nailuchshie-dostupnye-tehnologii-kak-instrumenty-snizheniya-negativnogo-vozdeystviya-na-okruzhayuschuyu-sredu-pravila-i-kriterii> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
85. Всемирный саммит по устойчивому развитию, 26 августа – 4 сентября 2002 г., Йоханнесбург, ЮАР. – URL: <https://www.un.org/ru/conferences/environment/johannesburg2002> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
86. Гамидуллаева Л. А., Толстых Т. О., Шмелева Н. В. Промышленные и территориальные экосистемы в контексте устойчивого развития. – Пенза : Пензенский госуниверситет, 2022. – 160 с.
87. Гашо Е. Г., Степанова М. В. Стандарты и приоритеты энергоэффективности // Энергия: экономика, техника, экология. – 2017. – № 9. – С. 19–24.
88. Глазьев С. Ю. Какие инновации обеспечат опережающее развитие российской экономики // ГЛАЗЬЕВ.РУ – URL: <http://www.glazev.ru/articles/6-jekonomika/57729-kakie-innovatsii-obespechat-operezhajushhee-razvitiie-rossiyskoj-jekonomiki> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
89. Глазьев С. Ю. О механизмах реализации целей национального развития России в условиях смены технологических и мирохозяйственных укладов // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2021. – Т. 230. – № 4. – С. 66–70.
90. Глазьев С. Ю. О создании систем стратегического планирования и управления научно-техническим развитием // Инновации. – 2020. – Т. 2. – № 256. – С. 14–23.
91. Голуб О. В., Санжаровский А. Ю., Михайлиди Д. Х., Вартанян М. А. Углеродный след жизненного цикла стеклянной тары // Стекло и керамика. – 2022. – Т. 95. – № 8. – С. 19–27.

92. Голуб О. В., Санжаровский А. Ю., Михайлиди Д. Х. Стимулирование вовлечения в экономический оборот использованной стеклотары // Компетентность. – 2021. – № 9–10. – С. 52–58.
93. Гордеева О. Н., Белоголова Г. А., Андрулайтис Л. Д. Биогеохимические особенности миграции ртути в системе «почва – растение» Южного Прибайкалья // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». – 2012. – Т. 5. – № 3. – С. 23–32.
94. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2020 году. – URL: [https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/gosudarstvennyu\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federatsii\\_v\\_2020/](https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyu_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2020/) (дата обращения: 03.03.2022 г.).
95. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2021 году. – URL: <https://mpr.orb.ru/activity/624/> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
96. Гусева Т. В., Бегак М. В., Молчанова Я. П., Аверочкин Е. М., Вартамян М. А. Перспективы внедрения наилучших доступных технологий и перехода к комплексным экологическим разрешениям в производстве стекла и керамики (обзор) // Стекло и керамика. – 2014. – № 7. – С. 26–36.
97. Гусева Т. В., Бегак М. В., Молчанова Я. П., Макеенко П. А. Существенные и маркерные показатели в экологическом нормировании на основе наилучших доступных технологий и оценке экологической результативности предприятий I категории // Наилучшие доступные технологии. Определение маркерных веществ в различных отраслях промышленности. Сборник статей. Том 5. – М. : Перо, 2016. – С. 4–19.
98. Гусева Т. В., Бегак М. В., Потапова Е. Н., Молчанова Я. П. Общественный диалог в области экологического регулирования

- производства цемента в России // Техника и технология силикатов. – 2018. – Т. 25. – № 2. – С. 60–63.
99. Гусева Т. В., Веницианов Е. В., Молчанова Я. П. Маркерные показатели в оценке состояния водных объектов при малой антропогенной нагрузке (на примере р. Пры) // Водные ресурсы. – 2001. – Т. 28. – № 3. – С. 342–349.
100. Гусева Т. В., Дайман С. Ю. Оценка воздействия на окружающую среду и экологический аудит промышленных предприятий: анализ методологий // Химическая технология. – 2000. – Т. 1. – № 4. – С. 34–43.
101. Гусева Т. В., Дайман С. Ю., Хотулева М. В., Виниченко В. Н., Веницианов Е. В., Молчанова Я. П., Заика Е. А. Экологическая информация и принципы работы с ней. – М. : Эколайн, 1998. – 444 с.
102. Гусева Т. В., Захаров А. И., Вартамян М. А., Молчанова Я. П., Акберов А. А. Наилучшие доступные технологии производства керамических строительных материалов как инструмент экологического нормирования отрасли. К выходу отраслевого информационно-технического справочника «Производство керамических изделий» ИТС 4 // Строительные материалы. – 2016. – № 4. – С. 4–9.
103. Гусева Т. В., Малков А. В., Хачатуров А. Е. Интегрированные системы менеджмента промышленных предприятий. – Москва : Эколайн, 1999. – 236 с.
104. Гусева Т. В., Молчанова Я. П., Виниченко В. Н. Новые инициативы деловых кругов: отчётность в области устойчивого развития // Менеджмент в России и за рубежом. – 2003. – № 6. – С. 51–62.
105. Давтян Е. Д., Наумова О. А. Отчёт об устойчивом развитии – эффективное решение для гармоничного развития предприятия

- и природной среды // Вектор экономики. – 2021. – № 8 – DOI: 10.51691/2500-3666\_2021\_8\_4.
106. Дайман С. Ю., Гусева Т. В., Заика Е. А., Сокорнова Т. В. Системы экологического менеджмента: практический курс. – Москва : Форум, 2010. – 336 с.
107. Дайман С. Ю. Развитие методологии экологического аудита промышленных предприятий : Диссертация ... кандидата технических наук : 11.00.11. – Москва, 2000. – 164 с.
108. Данилович Д. А., Будницкий Д. М., Новиков А. В. Переход на технологическое нормирование сбросов городских очистных сооружений: итоги десяти лет работы и рекомендации после принятия полного пакета нормативных правовых актов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020. – № 11. – С. 4–15.
109. Демиденко Д. С., Малевская-Малевиц Е. Д., Кудряшов В. С., Бабкин И. А. Оценка эффективности деятельности предприятий на основе ESG-концепции // *π-Economy*. – 2022. – Т. 15. – № 4. – С. 82–95.
110. Доброхотова М. В., Матушанский А. В. Применение концепции наилучших доступных технологий в целях технологической трансформации промышленности в условиях энергетического перехода // *Экономика устойчивого развития*. – 2022. – № 2 (50). – С. 63–68.
111. Донченко В. К., Питулько В. М., Растоскуев В. В., Фролова С. А. Экологическая экспертиза / Под ред. В. М. Питулько. – Москва : Академия, 2010. – 528 с.
112. Дьяков М. Ю., Михайлова Е. Г., Шарахматова В. Н. Стратегическая экологическая оценка в региональном планировании // *Проблемы развития территории*. – 2019. – № 2 (100). – С. 80–94.
113. Егорова Е. Н., Казжанова И. В. Экологический аудит в системе экономической безопасности // *Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения*. – Труды XIII

- Международной научно-практической конференции. – 2019. – Т. 2. – С. 28-32.
114. Епифанцев А. С., Аверочкин Е. М., Фирер А. А., Щелчков К. А. Формирование промышленного симбиоза химических предприятий // Зелёные проекты. Ситуационные исследования: альманах. – Москва : Деловой экспресс, 2021. – С. 44–51.
115. Ефремова Н. А. Экологический аудит в Российской Федерации // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 2 (55). – С. 50–52.
116. Зайцев В. А. Промышленная экология. – Москва : Лаборатория знаний, 2015. – 385 с.
117. Зелёные кейсы. / Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики». – Москва : Деловой экспресс. – 2020. – 160 с.
118. Зелёные проекты. Ситуационные исследования: альманах. / Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики». – Москва : Деловой экспресс. – 2021. – 160 с.
119. Иванова Л. В. Тенденции в совершенствовании выдачи экологических разрешений предприятиям горнодобывающей промышленности в Арктических странах // Север и рынок. – 2019. – № 2 (64). – С. 29–36.
120. Иутин И. Г. Экологический аудит: роль, сущность и вопросы, требующие правового регулирования // Журнал российского права. – 2008. – № 2 (134). – С. 94а–101.
121. Ишков А. Г., Пыстина Н. Б., Попадько Н. В., Гусева Т. В., Бегак М. В., Руут Ю. Экологические аспекты перехода на технологическое нормирование с использованием наилучших доступных технологий // Газовая промышленность. – 2017. – № S1 (750). – С. 12–17.
122. Казакова Т. В. Жизненные циклы в управлении предприятием // Российский экономический вестник. – 2019. – Т. 2. – № 6. – С. 184–190.

123. Калинина Е. В., Глушанкова И. С., Рудакова Л. В. Модификация шламов содового производства для получения нефтяных сорбентов // Теоретическая и прикладная экология. – 2018. – № 2. – С. 79–86.
124. Кондратьева О. Е., Росляков П. В., Гусева Т. В., Локтионов О. А. Основные задачи энергетических предприятий при получении комплексных экологических разрешений // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22. – № 4. – С. 41–45.
125. Конференция ООН по окружающей среде и развитию, 3–14 июня 1992 г., Рио-де-Жанейро, Бразилия // Организация Объединённых Наций. Официальный сайт. – URL: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/declarations/riodecl.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml) (дата обращения: 03.03.2022 г.).
126. Конференция ООН по проблемам окружающей человека среды, 5–16 июня 1972 г., Стокгольм, Швеция // Организация Объединённых Наций. Официальный сайт. – URL: <https://www.un.org/ru/conferences/environment/stockholm1972> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
127. Конференция ООН по устойчивому развитию, 20–22 июня 2012 г., Рио-де-Жанейро, Бразилия // Организация Объединённых Наций. Официальный сайт. – URL: <https://www.un.org/ru/events/pastevents/rio20.shtml> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
128. Кошелева М. К., Белгородский В. С., Кулов Н. Н. Аналитический обзор материалов международного научно-технического симпозиума «Повышение энергоресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности», посвящённого 110-летию А. Н. Плановского // Теоретические основы химической технологии. – 2022. – Т. 56 (3). – С. 267.
129. Кряжев А. М., Гусева Т. В., Тихонова И. О., Очеретенко Д. П., Алмгрен Р. Целлюлозно-бумажное производство: устойчивое развитие

- и формирование экономики замкнутого цикла // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24. – № 11. – С. 48–53.
130. Кудрявцева В. В., Елеев Ю. А., Кручинина Н. Е., Афанасьев В. В. Ликвидация полигона захоронения пестицидов «Большие Избищи» в Липецкой области // Успехи в химии и химической технологии. – 2016. – Т. 30. – № 9 (178). – С. 81–83.
131. Кулешов А. В., Тихонова И. О. Производственный экологический контроль как инструмент технологического нормирования промышленности // Стандарты и качество. – 2021. – № 6. – С. 68–72.
132. Кулов Н. Н., Кутепов А. М. Химическая технология // Химическая энциклопедия. – Москва : Большая российская энциклопедия, 1998. – Т. 5. – 467.
133. Курносова Т. И. Отечественный и зарубежный опыт использования ESG-принципов в разработке стратегии развития нефтегазового бизнеса // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12. – № 1. – С. 387–410. – DOI: 10.18334/err.12.1.114058.
134. Ласкорин Б. Н., Громов Б. В., Цыганков А. П., Сенин В. Н. Безотходная технология в промышленности. – М. : Стройиздат, 1986. – 158 с.
135. Ласкорин Б. Н., Громов Б. В., Цыганков А. П., Сенин В. Н. Проблемы развития безотходных производств. – М. : Стройиздат, 1981. – 207 с.
136. Локтева Е. С. Зелёная химия // Новая российская энциклопедия, 2010. – Москва : Энциклопедия. – Т. VI (2). – С. 6.
137. Локтева Е. С. Перспективы и направления развития «зелёной химии» в странах ЕС и ЕАЭС // Евразийский химический рынок. Международный деловой журнал. – 2016. – Т. 6. – № 141. С. 124–128.
138. Макарова А. С., Федосеев А. Н., Винокуров Е. Г. Исследование механохимических реакций иммобилизации ртути из твёрдых отходов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2021. – Т. 64. – № 8. – С. 123–130.

139. Макаров С. В., Белов Д. В. Ресурсосбережение и переработка отходов. – Москва : ВНТИцентр, 1990. – 85 с.
140. Макаров С. В., Шагарова Л. Б. Экологическое аудирование промышленных производств. – Москва : НУМЦ, 1997. – 247 с.
141. Макаров С. В. Экологический менеджмент. – Москва : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1998. – 180 с.
142. Малков А. В., Морокишко В. В., Ильина В. И. Программа повышения экологической эффективности как инструмент экологического менеджмента промышленных предприятий // Экономика устойчивого развития. – 2021. – № 4 (48). – С. 112–115.
143. Малявин А. С., Кузьмина А. С. Выбор маркерных веществ для технологических процессов, использующихся в производстве твёрдых и других неорганических химических веществ // Наилучшие доступные технологии. Определение маркерных веществ в различных отраслях промышленности. Сборник статей. – Москва, 2016. – С. 20–23.
144. Мантуров Д. В. Переход на наилучшие доступные технологии в аспекте современной промышленной политики Российской Федерации // Вестник Московского Университета. Сер. 6. Экономика. – 2018. – № 4. – С. 25–34.
145. Мантуров Д. В. Теория и практика разработки и реализации новой модели промышленной политики : Диссертация ... доктора экономических наук : 5.2.3. – Москва, 2022. – 583 с.
146. Маршалл А. Принципы политической экономии. / Пер. с англ. Р. И. Стоплера. – Москва : Прогресс, 1983. – С. 401–402.
147. Маслобоев В. А., Макаров Д. В., Ключникова Е. М. Устойчивое развитие горнопромышленного комплекса Мурманской области: минимизация техногенных воздействий на окружающую среду // Устойчивое развитие горных территорий. – 2021. – Т. 13. – № 2 (48). – С. 188–200.



148. Мекуш Г. Е., Панов А. А. Принципы и механизмы формирования регионального экологического стандарта Кузбасса // *Фундаментальные и прикладные аспекты устойчивого развития ресурсных регионов / Отв. ред. О. С. Андреева.* – Новокузнецк : КемГУ, 2020. – С. 95–98.
149. Методика расчёта выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (по величинам удельных выделений). – СПб : АО «НИИ «Атмосфера», 2021.
150. Методика расчёта выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (на основе удельных показателей). – СПб : ВНИИ Атмосфера, 1997.
151. Мешалкин В. П., Кулов Н. Н., Гусева Т. В., Тихонова И. О., Бурвикова Ю. Н., Бхимани Ч., Щелчков К. А. Наилучшие доступные технологии и зелёная химическая технология: возможности сближения концепций // *Теоретические основы химической технологии.* – 2022. – № 6. – С. 670-677.
152. Мешалкин В. П., Шинкевич А. И., Малышева Т. В., Щелчков К. А., Рудомазин В. В. Методика выбора экологически устойчивых промышленных зон Татарстана для развития обрабатывающих производств // *Экология и промышленность России.* – 2022. – Т. 26. – № 4. – С. 30–36.
153. Мирошник А. А., Филаткин П. В. Оценка направлений развития технического регулирования Евразийского экономического союза при формировании требований к безопасному обращению химической продукции с учётом принципов зелёной и устойчивой химии // *Вестник Евразийской науки.* – 2022. – № 3. – URL: <https://esj.today/PDF/55ECVN322.pdf> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
154. Мирошниченко А. Н. Экологическая паспортизация источник здорового будущего // *Проблемы Науки.* – 2013. – № 2 (16). – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-pasportizatsiya-istochnik-zdorovogo-budushego> (дата обращения: 03.03.2022 г.).

155. Наилучшие доступные технологии. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения. Этап 4: Руководство по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ / Управление по окружающей среде, здоровью и безопасности Дирекции по окружающей среде ОЭСР. – Москва, 2020. – 81 с.
156. Никитин Г. С., Скобелев Д. О. Индикаторы устойчивого развития промышленности: региональные аспекты. Позиция Нижегородской области // Вестник Нижегородского университета имени Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2021. – № 2 (62). – С. 7–13.
157. Никитин Г. С., Скобелев Д. О. Эффективность государственных и корпоративных инвестиций в развитие реального сектора экономики // Вестник Нижегородского университета имени Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2022. – № 4 (68). – С. 32–41.
158. Никоноров С. М., Папенков К. В., Талавринов В. А. Инновационные подходы перехода бизнеса к ESG-стратегиям (российский и зарубежный опыт) // Стратегирование: теория и практика. – 2022. – Т. 2. – № 1 (3). – С. 49–56.
159. Оболдина Г. А., Поздина Е. А., Самбурский Г. А. Стандарты – инструментальный экологического сопровождения регулирования водопользования // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2019. – № 3. – С. 6–19.
160. Павлова А. С., Сергиенко О. И. Анализ факторов, влияющих на повышение энергоэффективности и развитие корпоративной социально-экологической ответственности российских компаний на основе метода обратного прогнозирования с участием

- заинтересованных сторон // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2014. – № 4 (19). – С. 340–355.
161. Панов А. А. Стратегия развития угольного региона в контексте стратегической экологической оценки // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2020. – № 5 (2). – С. 242–250.
162. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Малышков Г. Б., Хорошавин А. В. Экономика природопользования и экологический менеджмент. – Москва : Юрайт, 2022. – 417 с.
163. Пахомова И. В., Эндрес А., Рихтер К. Экологический менеджмент. – СПб : Наука, 2003. – 544 с.
164. Пермский край в цифрах. 2020: Краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю. – Пермь, 2020. – 194 с.
165. Петросян В. С., Ерохин Ю. Ю., Гусева Т. В., Богова М. Н., Аверочкин Е. М. Опыт технологической модернизации нефтеперерабатывающего предприятия: внедрение наилучших доступных технологий и повышение экологической эффективности производства // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26. – № 4. – С. 14–21.
166. Петросян В. С., Тихонова И. О., Епифанцев А. С., Щелчков К. А., Цветкова Е. А. Опыт создания промышленного симбиоза предприятий химической промышленности // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25. – № 8. – С. 28–33.
167. Петрянов-Соколов И. В. Природа не знает государственных границ. – Москва : Изд-во Агентства печати «Новости», 1987. – 130 с.

168. Плешанов М. В. ESG-рейтинги и российская практика // Инвест-Форсайт. Деловой журнал. – 2021. – 29/07. – URL: <https://www.if24.ru/esg-rejtingi-i-rossijskaya-praktika/> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
169. Потапова Е. Н. Практика подготовки заявки на получение комплексного экологического разрешения предприятиями цементной промышленности // Цемент и его применение. – 2020. – № 6. – С. 42–47.
170. Родионов А. И., Клушин В. Н., Систер В. Г. Технологические процессы экологической безопасности. Основы энвайронменталистики. Учебник для студентов технических и технологических специальностей. / 3-е изд., перераб. и доп. – Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. – 800 с.
171. Росляков П. В., Кондратьева О. Е., Альмгрен А. Р. и др. Технические и экономические проблемы и риски внедрения наилучших доступных технологий на российских ТЭС // Энергетик. – 2021. – № 1. – С. 15–20.
172. Росляков П. В., Черкасский Е. В., Гусева Т. В., Тихонова И. О., Лундхольм М. Технологическое нормирование объектов теплоэлектроэнергетики: наилучшие доступные технологии и нормы общего действия // Теплоэнергетика. – 2021. – № 10. – С. 5–13.
173. Руководство по отчётности в области устойчивого развития (GRI). Версия 3. – Москва : Эколайн, 2007. – 54 с.
174. Салем К. М., Перминова И. В., Гречищева Н. Ю., Мурыгина В. П., Мещеряков С. В. Биорекультивация нефтезагрязнённых почв гуминовыми препаратами // Экология и промышленность России. – 2003. – № 4. – С. 19–21.
175. Свитцов А. А., Кручинина Н. Е. Чем хороши и кому доступны наилучшие доступные технологии // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22. – № 3. – С. 60–63.
176. Семутникова Е. Г., Гашо Е. Г., Локтионов О. А. Энерго-экологическая модернизация промышленного комплекса Москвы: увязка

- энергосбережения и внедрения наилучших доступных технологий // Промышленная энергетика. – 2021. – № 4. – С. 2–10.
177. Сергиенко О. И., Василенок В. Л., Староверова В. А., Шульц А. А. Наилучшие доступные технологии и организация экологически более чистого производства. – СПб : ИТМО, 2012. – 165 с.
178. Сивков С., Потапова Е. Нормирование технологических показателей производства цемента на основе наилучших доступных технологий // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2017. – № 1 (46). – С. 22–33.
179. Скобелев Д. О., Волосатова А. А., Гусева Т. В., Панова С. В. Применение концепции наилучших доступных технологий в различных системах зелёного финансирования: международный опыт и перспективы использования в государствах-членах Евразийского экономического союза // Вестник Евразийской науки. – 2022. – № 2. – URL: <https://esj.today/PDF/36ECVN222.pdf> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
180. Скобелев Д. О., Гусева Т. В., Морокишко В. В., Степанова М. В., Хачатуров-Тавризян А. Е. Наилучшие доступные технологии и современные инструменты менеджмента. Часть 1. Основные принципы. Учебное пособие. / Под ред. Д. О. Скобелева. – Москва : РТУ-МИРЭА, 2022. – 130 с.
181. Скобелев Д. О., Гусева Т. В., Чечеватова О. Ю., Санжаровский А. Ю., Щелчков К. А., Бегак М. В. Сравнительный анализ процедур разработки, пересмотра и актуализации справочников по наилучшим доступным технологиям в Европейском союзе и Российской Федерации / Под ред. Д. О. Скобелева. – Москва : Перо, 2018. – 114 с.
182. Скобелев Д. О., Доброхотова М. В., Курошев И. С. Оценки ресурсной эффективности промышленного производства. Энциклопедия технологий // Качество и жизнь. – 2019. – № 4 (24). – С. 66–69.

183. Скобелев Д. О. Информационно-методическая поддержка эколого-технологической модернизации экономики Российской Федерации // Управление. – 2019. – Т. 7. – № 4. – С. 5–15.
184. Скобелев Д. О., Микаэльссон О., Бхимани Ш. Наилучшие доступные технологии в условиях международных соглашений // Вестник Евразийской науки. – 2020. – № 5. – URL: <https://esj.today/PDF/20ECVN520.pdf> (дата обращения: 03.03.2022 г.). – DOI: 10.15862/20ECVN520.
185. Скобелев Д. О., Микаэльссон О. Т. Наилучшие доступные технологии как критерии исключения российских промышленных предприятий из списка экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона // Экономика устойчивого развития. – 2020. – № 2 (42). – С. 179–185.
186. Скобелев Д. О. Наилучшие доступные технологии: опыт повышения ресурсной и экологической эффективности производства. – Москва : АСМС, 2020. – 250 с.
187. Скобелев Д. О. Очередной этап развития системы эколого-технологического регулирования промышленности в России // Экономика устойчивого развития. – 2022. – № 1 (49). – С. 83–89.
188. Скобелев Д. О. Политика повышения ресурсной эффективности для обеспечения устойчивого развития российской промышленности : Диссертация ... доктора экономических наук : 08.00.05. – Апатиты, 2022. – 306 с.
189. Скобелев Д. О. Промышленная политика повышения ресурсоэффективности и достижение целей устойчивого развития // Journal of New Economy. – 2020. – Т. 21. – № 4. – С. 153-173. – DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-4-8.
190. Скобелев Д. О. Развитие проекта «Энциклопедия технологий» // Стандарты и качество. – 2020. – № 12. – С. 30–35.

191. Скобелев Д. О., Степанова М. В. Энергетический менеджмент: прочтение 2020. Руководство по управлению энергопотреблением для промышленных предприятий. – М.: Колорит, 2020. – 92 с.
192. Скобелев Д. О., Федосеев С. Ф. Промышленная политика повышения ресурсоэффективности и формирование экономики замкнутого цикла // Компетентность. – 2021. – № 3. – С. 5–13.
193. Скобелев Д. О. Формирование инфраструктуры ресурсно-технологической трансформации промышленности // Экономика устойчивого развития. – 2020. – № 1 (41). – С. 162–167.
194. Скобелев Д. О. Эволюция технологий и управление изменениями // Менеджмент в России и за рубежом. – 2019. – № 2. – С. 2–14.
195. Скороход М. А., Потапова Е. Н. Перспективы внедрения наилучших доступных технологий и перехода к комплексным экологическим разрешениям при производстве цемента // Цемент и его применение. – 2015. – № 5. – С. 22–26.
196. Сокорнова Е. Б., Королева Е. Б., Сергиенко О. И., Кряжев А. М. Экономические аспекты внедрения НДТ // Экология производства. – 2012. – № 11. – С. 44–49.
197. Сытенков В. Н., Кравченко В. Е., Полянцева И. В. Наилучшие доступные технологии. Часть 1. Некоторые основополагающие термины и определения в области наилучших доступных технологий // Рациональное освоение недр. – 2016. – № 5–6. – С. 11–29.
198. Тарасова Н. П., Зайцев В. А., Кузнецов В. А. Безотходные, чистые и зелёные технологии // Труды Международной научно-практической конференции и школы молодых учёных и студентов «Образование и наука для устойчивого развития». – Москва : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. – С. 10–11.

199. Тарасова Н. П., Макарова А. С. Зелёная химия и хемофобия // Вестник Российской академии наук. – 2020. – Т. 90. – № 4. – С. 353–358. – DOI: 10.31857/S0869587320040131.
200. Технический комитет 113 (ТК 113). Стандарты // Бюро НДТ. Официальный сайт. – URL: <https://burondt.ru/tk113/standarts> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
201. Тихонова И. О., Щелчков К. А., Гусева Т. В. Особенности применения инструментов эколого-технологического регулирования на разных этапах жизненного цикла химических предприятий // Химическая промышленность сегодня. – 2022. – № 4. – С. 18–27.
202. Торочешников Н. С., Родионов А. И., Кельцев Н. В., Клушин В. Н. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1981. – 368 с.
203. Хакимова Ф. Х., Синяев К. А., Ковтун Т. Н. Отбелка сульфатной целлюлозы по ЕСF-технологии // Современные наукоёмкие технологии. – 2012. – № 10. – С. 52–53.
204. Харчук Н. А. Проблемы внедрения концепции наилучших доступных технологий в России // Электронная наука. – 2021. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vnedreniya-kontseptsii-nailuchshih-dostupnyh-tehnologiy-v-rossii> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
205. Хаустова Д. О., Михайлиди Д. Х., Аверочкин Е. М. Производство стекла в национальном парке «Мещёра»: ситуационное исследование // Зелёные проекты. Ситуационные исследования: альманах. – Центр экологической промышленной политики. – Москва : Деловой экспресс, 2021. – С. 62–83.
206. Хачатуров А. Е., Лукутина М. В., Белковский А. Н. Необходимость новых подходов к стратегическому планированию при переходе к шестому и седьмому технологическим укладам // Менеджмент в России и за рубежом. – 2017. – № 2. – С. 3–22.



207. Храмов А. Г., Борисенко А. А., Брацихин А. А. и др. Вопросы реализации наилучших доступных технологий в пищевой промышленности // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2020. – № 2–3 (374–375). – С. 8–13.
208. Храмов А. Г. Научные основы нового технологического уклада молочной промышленности. – Ставрополь : Beau-Bassin, 2017. – 117 с.
209. Череповицын А. Е., Лебедев А. П. Возможности использования технологий замкнутого цикла в нефтегазовом комплексе // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 1185–1198.
210. Черп О. М., Виниченко В. Н., Хотулева М. В., Молчанова Я. П., Дайман С. Ю. Экологическая оценка и экологическая экспертиза. – Москва : Эколайн, 2001. – 312 с.
211. Шаров С. А., Ашихмина Т. Я. Система экологического менеджмента на объекте по хранению и уничтожению химического оружия п. Марадыковский // Труды Всероссийской научной конференции «Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам». – Киров : ВЕСИ, 2015. – С. 405–408.
212. Шаров С. А. Пути миграции, трансформации и аккумуляции загрязняющих веществ в окружающей среде в районе предприятия по уничтожению химического оружия и обоснование комплекса реабилитационных мероприятий : Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата химических наук : Специальность 03.02.08 – Экология. – Вятский государственный университет, 2019.
213. Штурмин Ф. С., Хачатуров А. Е. Формирование стратегии инновационного развития промышленных предприятий // Менеджмент в России и за рубежом. – 2013. – № 6. – С. 32–38.

214. Эбериль В. И., Янин Е. П., Ягуд Б. Ю., Потапов И. И. Ртуть в хлорной промышленности России (прошлое, настоящее, будущее) // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. – 2012. – № 1. – С. 2–80.
215. Экологический отчёт о стратегической оценке воздействия на окружающую среду российской программной территории ППС «Коларктик» на 2021–2027 гг. / В. А. Маслобоев, Е. М. Ключникова, Е. А. Боровичев, М. В. Ненашева, А. И. Попов. – Апатиты : ФИЦ КНЦ РАН, 2022. – 74 с.
216. Энциклопедия технологий. Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий / Гл. ред. Д. О. Скобелев. – М., СПб : Реноме, 2019. – 824 с.
217. Ягодин Г. А., Зайцев В. А. Химическая технология, промышленная экология и охрана окружающей среды. – М. : Знание, 1982. – 124 с.
218. Ягодин Г. А., Пуртова Е. Е. Устойчивое развитие. Человек и биосфера. – Москва : Бином. Лаб. знаний, 2013. – 108 с.
219. Ягодин Г. А., Раков Э. Г. Третьякова Л. Г. Химия и химическая технология в решении глобальных проблем. – Москва : Химия, 1988. – 174 с.
220. Ягодин Г. А., Тарасова Н. П. Будущее промышленности в свете концепции устойчивого развития // Экология и промышленность России. – 2001. – № 3. – С. 23–25.
221. Ягодин Г. А., Третьякова Л. Г. Химическая технология и охрана окружающей среды. – Москва : Знание, 1984. – 64 с.
222. Ярыгин Г. А. Применение стратегической экологической оценки для оптимизации нефтегазовых проектов на шельфе // Neftegaz.Ru. – 2013. – № 11–12. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/aktualno/622495-primenenie-strategicheskoy-ekologicheskoy-otsenki-dlya-optimizatsii-neftegazovykh-proektov-na-shelfe/> (дата обращения: 03.03.2022 г.).

**Нормативные правовые акты и документы на иностранных языках**

223. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass. European Commission. Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies, 2013.
224. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. European Commission. Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies, 2015.
225. Commission Implementing Decision of 10 February 2012 laying down rules concerning guidance on the collection of data and on the drawing up of BAT reference documents and on their quality assurance referred to in Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions, Official Journal of the European Union, L 63/1.
226. Commission Implementing Regulation (EU) 2021/447 of 12 March 2021 Determining Revised Benchmark Values for Free Allocation of Emission Allowances for the Period from 2021 to 2025 Pursuant to Article 10a(2) of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council.
227. Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC).
228. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on Industrial Emissions (Integrated Pollution Prevention and Control). – [Electronic resource]. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0075>.
229. Directive (EU) 2015/2193 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from medium combustion plants (Text with EEA relevance).
230. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002.

231. Guidance on Best Available Techniques And Best Environmental Practices. – Geneva: Secretariat of the Minamata Convention on Mercury, 2019. – 193 p. – URL: [https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/2021-06/BAT\\_BEP\\_E\\_interractif.pdf](https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/2021-06/BAT_BEP_E_interractif.pdf) (дата обращения: 03.03.2022 г.).
232. ISO 9001:2015 “Quality management systems – Requirements”.
233. ISO 14001:2015 “Environmental management systems – Requirements with guidance for use”.
234. ISO 14044:2006 “Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines”.
235. ISO 19011:2018 “Guidelines for auditing management systems”.
236. ISO 50001:2018 “Energy management systems – Requirements with guidance for use”.
237. Minamata Convention on Mercury. – URL: <https://www.mercuryconvention.org/en> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
238. Nitrogen and agriculture in the Nordic countries – policy, measures and the way forward. – URL: <https://www.scac.se/download/18.57581b9b167ee95ab991a9e/1552912957842/Preprint%20Abating%20N%20in%20Nordic%20agriculture%20-%20Policy%20measures%20and%20way%20forward.pdf> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
239. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council Establishing a Carbon Border Adjustment Mechanism. Brussels, 14.07.2021. COM (2021) 564 Final 2021/0214 (COD).
240. The global standards for sustainability reporting. – URL: <https://www.globalreporting.org/standards/> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
241. United States of America. Pollution Prevention Act (P2). – 1990.
242. United States of America. Clean Air Act. – 1967 (ed. 1990).
243. United States of America. Clean Water Act. – 1972 (ed. 2018).

**Научная литература и источники на иностранных языках**

244. Almgren R., Skobelev D. Evolution of Technology and Technology Governance // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2020. – Vol. 6. – No 2. – P. 22.
245. Anastas P. T., Warner J. C. Green Chemistry: Theory and Practice. – New York : Oxford University Press, 1998. – 135 p.
246. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report. Oslo: Arctic monitoring and Assessment Programme (AMAP), 1997. – 188 p. – URL: <https://www.amap.no/documents/doc/arctic-pollution-issues-a-state-of-the-arctic-environment-report/67> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
247. Baron M. Towards a Greener Pharmacy by More Eco Design // Waste and Biomass Valorization. – 2012. – No 3 (4). – P. 395–402. – DOI: 10.1007/s12649-012-9146-2.
248. Best Available Technique (BAT) Conclusions for the Production of Pulp, Paper and Board. Implementation guide. – CEPI : Confederation of European Paper Industries, 2015. – URL: [https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2021/08/CEPI\\_BAT\\_Conclusions\\_Document\\_2015.pdf](https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2021/08/CEPI_BAT_Conclusions_Document_2015.pdf) (дата обращения: 03.03.2022 г.).
249. Best Available Techniques (BAT) for Preventing and Controlling Industrial Pollution. Activity 1: Policies on BAT or Similar Concepts Across the World. – OECD : Environment, Health and Safety. Environment Directorate, 2017. – URL: <https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/policies-on-best-available-techniques-or-similar-concepts-around-the-world.pdf> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
250. Best Available Techniques (BAT) for Preventing and Controlling Industrial Pollution. Activity 2: Approaches to Establishing BAT Around the World. – OECD : Environment, Health and Safety. Environment Directorate, 2018. – URL: <https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/approaches->

- to-establishing-best-available-techniques-around-the-world.pdf (дата обращения: 03.03.2022 г.).
251. Best Available Techniques (BAT) for Preventing and Controlling Industrial Pollution. Activity 3: Measuring the Effectiveness of BAT Policies. – OECD : Environment, Health and Safety. Environment Directorate, 2019. – URL: <https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/measuring-the-effectiveness-of-best-available-techniques-policies.pdf> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
252. Best Available Techniques for Preventing and Controlling Industrial Pollution. Activity 4: Guidance Document on Determining BAT, BAT-Associated Environmental Performance Levels and BAT-Based Permit Conditions. – OECD : Environment, Health and Safety. Environment Directorate, 2020. – URL: <https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/guidance-document-on-determining-best-available-techniques.pdf> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
253. Best Available Technology for Air Pollution Control: Analysis Guidance and Case Studies for North America. – Montreal, Commission for Environmental Cooperation (CEC) of North America, 2005. – 58 p.
254. Bobylev S. N., Solovyeva S. V. Sustainable Development Goals for the Future of Russia // Studies on Russian Economic Development. – 2017. – Vol. 28. – P. 259–265.
255. Bond A. J., Retief F., Cave B. et al. A contribution to the Conceptualisation of Quality in Impact Assessment // Environmental Impact Assessment Review. – 2017. – Vol. 68. – P. 49–58.
256. Brinkmann Th., Santonja G. G., Schorcht F., Roudier S., Sancho L. D. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Chlor-alkali. – Sevilla : Publications Office of the European Union, 2014. – 344 p.

257. Crowe S., Cresswell K., Robertson A., Huby G., Avery A., Sheikh A. The case study approach // BMC Medical Research Methodology. – 2011. – Vol. 11. – Article number: 100. – DOI: 10.1186/1471-2288-11-100.
258. Dufault R., LeBlanc B., Schnoll R, Cornett C., Schweitzer L., Wallinga D., Hightower J., Patrick L., Lukiw W.J. Mercury from chlor-alkali plants: measured concentrations in food product sugar // Environ Health. – 2009. – Vol. 8. – Pap. 2. – DOI: 10.1186/1476-069X-8-2.
259. Eliminate mercury use and adequately manage mercury and mercury wastes in the chlor alkali sector in Mexico. – The Secretariat of Environment and Natural Resources (SEMARNAT) / General Directorate for Integral Management of Materials and Riskable Activities (DGGIMAR). – National Institute of Ecology and Climate Change (INECC), 2020. – 60 p.
260. Esbrí J. M. et al. Hg soil pollution around the Flix chlor-alkali plant // Geophysical Research Abstracts. – 2014. – Vol. 16. – EGU2014-16956-2.
261. Eskenazi B., Warner M., Brambilla P., Signorini S., Ames J., Mocarelli P. The Seveso accident: A look at 40 years of health research and beyond // Environment International. – Vol. 121, Part 1, December 2018, – P.71–84. – DOI: 10.1016/j.envint.2018.08.051. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6221983/> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
262. Frentiu T. et al. Determination, speciation and distribution of mercury in soil in the surroundings of a former chlor-alkali plant: assessment of sequential extraction procedure and analytical technique // Chemistry Central Journal. – 2013. – Vol. 7. – Pap. 178. – DOI: 10.1186/1752-153X-7-178.
263. Ghinmine S. V., Sangotra D. I. Implementation of Green Manufacturing in Industry – A Case Study // IJRET : International Journal of Research in Engineering and Technology. – 2015. – Vol. 04. – Is. 04. – P. 42–45. – DOI: 10.15623/ijret.2015.0404008.
264. Gilgun J. A Case for Case Studies in Social Work Research // Social Work. – 1994. – Vol. 39 (4). – P. 371–380.

265. Guidelines on Best Available Techniques and Provisional Guidance on Best Environmental Practices Relevant to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. – UNEP, Geneva, 2008. – 35 p.
266. Guidelines on Best Environmental Practices for the Environmentally Sound Management of Mercury Contaminated Sites / Ed. by F. Gallo. – Barcelona: Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and Production of the Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP), 2012. – 78 p.
267. Guiding Principles of Effective Environmental Permitting Systems. OECD Guiding Document. – OECD, Paris, 2007. – URL: <https://www.oecd.org/env/outreach/37311624.pdf> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
268. Gulyaev Y. V., Belgorodskii V. S., Kosheleva M. K. Review of Papers Presented at the “Second International Kosygin Readings: Energy- and Resource-Efficient Environmentally Safe Technologies and Equipment”, an International Scientific and Technical Symposium Celebrating the 100<sup>th</sup> Anniversary of the Kosygin State University of Russia // Theor. Found. Chem. Eng. – 2020. – Vol. 54. – No 3. – P. 522–538.
269. Guseva T., Begak M., Molchanova Ya., Averochkin E. Integrated Pollution Prevention and Control: current practices and prospects for the development in Russia. // Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014. – 2014. – Is. 5.2. – P. 391–398.
270. Guseva T., Potapova E., Tikhonova I., Molchanova Y., Begak M. Training Russian Practitioners in Best Available Techniques and Integrated Environmental Permits // Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. – 2018. – Vol. 18. – Is. 5.1. – P. 313–320.
271. Guseva T. V., Potapova E. N., Tikhonova I. O., Shchelchikov K. A. Nitrogen oxide emissions reducing in cement production // IOP Conference Series:



- Materials Science and Engineering. – 2021. – 1083. – 012083. – DOI: 10.1088/1757-899X/1083/1/012083.
272. Guseva T., Shchelchikov K., Sanzharovskiy A., Molchanova Ya. Best Available Techniques, Energy Efficiency Enhancement and Carbon Emissions Reduction // Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. – 2019. – Vol. 19. – Is. 5.1. – P. 63–70.
273. Guseva T., Tikhonova I., Potapova E., Lundholm M., Begak M. Integrated Environmental Permitting in Russia: First Results and Lessons // Proceeding of the 20<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. – 2020. – Vol. 20 – Is. 5.1 – P. 463–470. – DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.059.
274. Ioannou J., Serafeim G. The Consequences of Mandatory Corporate Sustainability Reporting, Harvard Business School Research Working Paper. – 2017. – No 11-100. – URL: <https://ssrn.com/abstract=1799589> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
275. Liu D., Liu L. Case Study of Industrial Green Development on the Perspective of Ecological Civilization in China // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 158. – Paper 02004. – DOI: 10.1051/e3sconf/202015802004.
276. Lokteva E. S., Golubina E. V., Likholobov V. A., Lunin V. V. Chemistry beyond chlorine. Chapter 21. Disposal of chlorine-containing wastes. – Dordrecht: Springer, 2016. – 27 p.
277. Makarov S. V., Tarasov V. V., Guseva T. V. Environmental Auditing: Opportunities in Russia at Local and Territorial Levels // Process Safety and Environmental Protection: Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part B. – 1995. – Vol. 73. – No 3. – P. 223–226.
278. Meshalkin V. P., Dovì V. G., Bobkov V. I. et al. State of the Art and Research Development Prospects of Energy and Resource-Efficient

- Environmentally Safe Chemical Process Systems Engineering // *Mendeleev Commun.* – 2021. – Vol. 31. – P. 593.
279. Minamata Disease. Its History and Lessons. – Minamata City Planning Division (Minamata), 2007. – URL: [https://minamata195651.jp/pdf/kyoukun\\_en/kyoukun\\_eng\\_all.pdf](https://minamata195651.jp/pdf/kyoukun_en/kyoukun_eng_all.pdf) (дата обращения: 03.03.2022 г.).
280. Molchanova Y., Malkov A. Promoting Recycling, Cleaner Production and Green Investments in Petrochemical Industry // *Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021.* – Vol. 21. – Is. 3.2. – P. 19–26. – DOI: 10.5593/sgem2021V/3.2/s06.03.
281. Ramos M., Carrasco J., Conde A. et al. Environmentally Sound Management (ESM) of Mercury Contaminated Sites in the Mediterranean. – UNEP (Barcelona), 2019. – 89 p.
282. Shinkevich A. I., Psareva N. Yu., Malysheva T. V., Choosing Industrial Zones Multi-Criteria Problem Solution for Chemical Industries Development Using the Additive Global Criterion Method // *Mathematics.* – 2022. – Vol. 10. – Is. 9. – P. 1434. – DOI: [doi.org/10.3390/math10091434](https://doi.org/10.3390/math10091434).
283. Sirůček P., Džbanková Z. Radovan Richta – The Predecessor of the Club of Rome and the 4.0 Vision // *Acta Oeconomica Pragensia.* – 2018. – Vol. 51–61. – DOI: 10.18267/j.aop.612.
284. Skobelev D., Almgren R. Evolution of Technology and Technology Governance // *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.* – 2020 – No 6 (2). – Pap. 22. – DOI: 10.3390/joitmc6020022.
285. Söderholm K., Söderholm P. Industrial Energy Transitions and the Dynamics of Innovation Systems: The Swedish Pulp and Paper Industry, 1970–2010 // *Environments.* – 2020. – Vol. 7 (9). – Pap. 70. – DOI: 10.3390/environments7090070.
286. Stigliani W. M., Anderberg S. Industrial metabolism at the regional level: the Rhine Basin. *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable*

- Development. / Ed. by R. U. Ayres et al. – Tokyo-New York-Paris : United Nations University Press, 1994. – P. 167–179.
287. Stiglitz J. E. Globalization and Its Discontents Revisited. – London : Penguin, 2017. – 528 p.
288. Strengthening UNEP for the Implementation of the Environmental Dimension of the 2030 Agenda for Sustainable Development. – UNEP, 2022. – URL: <https://www.unep.org/events/unep-event/unep-50> (дата обращения: 03.03.2022 г.).
289. Swanson S. E. Emissions of PCCDs and PCDFs from the Pulp Industry// Chemosphere. – 1988. – Vol. 17. – P. 681–691.
290. Tarasova N. P., Lokteva E.S., Lunin V. V. Green Chemistry Education in Russia // Worldwide Trends in Green Chemistry. – London: Royal Society of Chemistry, 2015. – С. 213–247.
291. Tarasova N. P., Makarova A. S., Fantke P., Shlyakhov P. I. Estimating chemical footprint: contamination with mercury and its compounds // Pure and Applied Chemistry. – 2018. – Vol. 90. – Is. 5. – P. 857–868. – DOI: 10.1515/pac-2017-1102.
292. Tarasova N. P., Makarova A. S., Vavilov S. Y., Varlamova S. N. Green Chemistry and Russian Industry // Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2013. – Vol. 83. – No 6. – P. 499–505. – DOI: 10.1134/S1019331613060117.
293. Tarasova N. P., Makarova A. S., Vinokurov S. F., Kuznetsov. V. A., Shlyakhov P. I. Green chemistry and sustainable development: approaches to chemical footprint analysis // Pure and Applied Chemistry. – 2017. – 90 (1). – DOI: 10.1515/pac-2017-0608.
294. The Application of General Binding Rules in the Implementation of the IPPC Directive / European Union Network for the Implementation of Environmental Law, Falun, Sweden, 2001. – 32 p.

295. The Role of Government Policy in Supporting the Adoption of Green / Sustainable Chemistry Innovations. – OECD, 2012. – URL: [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=en/nv/jm/mono\(2012\)3&doclanguage=en](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=en/nv/jm/mono(2012)3&doclanguage=en) (дата обращения: 03.03.2022 г.).
296. Tikhonova I., Guseva T., Averochkin E., Shchelchkov K. Best Available Techniques and Best Environmental Management Practices: Collaboration Between Industries and Regions // *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. – 2021. – Vol. 8. – No 2. – P. 495–505.
297. Tikhonova I., Guseva T., Potapova E., Shchelchkov K. Forming Circular Economy Links in Chemical Industry: Lime, Caustic Ash, Salt and Gypsum Production in the Urals // *Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021*. – 2021. – Vol. 21. – Is. 5.1. – P. 229–235.
298. Vaishnavi D. Environmental Assessment and Institutional Ecology Tools: Exploring Integrative Approaches // *Indian Journal of Environmental Protection*. – 2021. – Vol. 41. – Is. 6. – P. 649–657.
299. Vakula M. A., Guseva T. V., Shchelchkov K. A., Tikhonova I. O., Molchanova Y. P. Green and Resilient City: Obligatory Requirements and Voluntary Actions in Moscow // *Green Technologies and Infrastructure to Enhance Urban Ecosystem Services. Springer Geography*, 2020. – P. 249–268.
300. Water Governance in the Netherlands: Fit for the Future? OECD Studies on Water, OECD Publishing. – 14 p. – DOI: 10.1787/9789264102637-en.
301. Yang M., Khan F., Amyotte P. Operational Risk Assessment: A Case of the Bhopal Disaster // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2015. – Vol. 97. – P. 70–79. – DOI: 10.1016/j.psep.2015.06.001.
302. Zhengcheng S. et al. Environmental mercury pollution by an abandoned chlor-alkali plant in Southwest China // *Journal of Geochemical Exploration*. – 2018. – Vol. 194. – P. 81–87.

**Список сокращений и условных обозначений**

- АКРА – Аналитическое кредитное рейтинговое агентство
- АСК – Автоматическая система контроля
- БПК – Биохимическое потребление кислорода
- ВМР – Вторичные материальные ресурсы
- ГИСП – Государственная информационная система промышленности
- ГОСТ Р – Государственный стандарт Российской Федерации
- ГРОНВОС – Государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде
- ГЭЭ – Государственная экологическая экспертиза
- ЕС – Европейский союз
- ЗХС – Завод хромовых соединений
- ИТС – Информационно-технический (-е) справочник (-и)
- КЭР – Комплексное (-ые) экологическое (-ие) разрешение (-я)
- МВК – Межведомственная комиссия по рассмотрению программ повышения экологической эффективности
- МГУ – Московский государственный университет
- Минобрнауки России – Министерство высшего образования и науки Российской Федерации
- Минприроды России – Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
- Минпромторг России – Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
- Минсельхоз России – Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
- Минстрой России – Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации
- Минэкономразвития России – Министерство экономического развития Российской Федерации

Минэнерго России – Министерство энергетики Российской Федерации

НВОС – Негативное воздействие на окружающую среду

НДВ – Нормативы допустимых выбросов

НДТ – Наилучшая (-ие) доступная (-ые) технология (-и)

НИИ – Научно-исследовательский институт

НОД – Норма (-ы) общего действия

НПА – Нормативный (-е) правовой (-ые) акт (-ы)

НРА – Национальное рейтинговое агентство

ОВОС – Оценка воздействия на окружающую среду

ОНВОС – объект (-ы) негативного воздействия на окружающую среду

ООН – Организация Объединённых Наций

ОСПАР – Конвенция по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики

ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития

ПНО – Публичная нефинансовая отчётность

ППЭЭ – Программа (-ы) повышения экологической эффективности

ПФО – Приволжский федеральный округ

ПХДД – Полихлорированные дибензодиоксины

ПХДФ – Полихлорированные дибензофураны

ПЭК – Производственный экологический контроль

ПЭМ – Производственный экологический мониторинг

РАН – Российская академия наук

РОИВ – Орган (-ы) исполнительной власти субъекта (-ов) Российской Федерации

Росатом – Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»

Росводресурсы – Федеральное агентство водных ресурсов Российской Федерации

Роспотребнадзор – Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Росприроднадзор – Федеральная служба по надзору в сфере природопользования

Росстандарт – Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии

РСПП – Российский союз промышленников и предпринимателей

РФ – Российская Федерация

РХТУ – Российский химико-технологический университет

СНГ – Содружество Независимых Государств

«Список 300» – Объекты I категории негативного воздействия на окружающую среду, суммарные объёмы эмиссий которых составляют не менее 60 %

СССР – Союз Советских Социалистических Республик

СЭМ – Система экологического менеджмента

СЭнМ – Система энергетического менеджмента

СЭО – Стратегическая экологическая оценка

США – Соединённые Штаты Америки

ТК – Технический комитет по стандартизации

ТП – Технологический (-е) показатель (-и)

ФЗ – Федеральный закон

ФОИВ – Федеральный (-е) орган (-ы) исполнительной власти

ХЕЛКОМ – Хельсинкская комиссия по защите морской среды Балтийского моря

ХПК – Химическое потребление кислорода

ЦБК – Целлюлозно-бумажный комбинат

ЦРЭ – Цех ртутного электролиза

ЦУР – Цель устойчивого развития

ЭЗЦ – Экономика замкнутого цикла

ЮНЕП – Программа ООН по окружающей среде

АОХ – Адсорбируемые галогенорганические соединения

BATNEEC – Best Available Technique Not Entailing Excessive Costs – НДТ, использование которой не влечёт за собой избыточных расходов

BREF – Best Available Techniques Reference Document

CBAM – Carbon Border Adjustment Mechanism – Углеродный пограничный корректирующий механизм Европейского союза

ECF – Elemental chlorine free

ESG – Environmental Social Governance – Корпоративное управление и инвестирование, характеризующееся учётом экологических и социальных требований

FSC – Forest Stewardship Council – Лесной попечительский совет

GBR – General Binding Rules

GRI – Global Reporting Initiative – Глобальная инициатива по отчётности

IMPEL – Европейская сеть по внедрению и обеспечению соблюдения экологического законодательства

ISO – Международная организация по стандартизации

RDF – Refuse derived fuel – топливо, приготовленное из отходов



**Приложения**

Приложение 1. Документы, подтверждающие использование результатов диссертационной работы	186
Приложение 2. Классификация норм общего действия, используемых для целей эколого-технологического регулирования	189
Приложение 3. Проект ГОСТ Р Наилучшие доступные технологии. Проведение сварочных работ. Нормы общего действия	204



**МИНИСТЕРСТВО  
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ  
И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
РЕСПУБЛИКИ КОМИ  
(МИНПРИРОДЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ)**

По месту требования

**КОМИ РЕСПУБЛИКАСА ВӐР-ВА  
ОЗЫРЛУН ДА ГӖГӖРТАС ВИДАН  
МИНИСТЕРСТВО**

167983, ГСП-3, г. Сыктывкар,  
ул. Интернациональная, 108а  
тел.: (8212) 28-60-01, факс: (8212) 30-48-83  
e-mail: minpr@mipr.rkomi.ru  
11.02.2020 г. № \_\_\_\_\_  
на № \_\_\_\_\_

**О практическом использовании результатов научного исследования**

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми настоящим подтверждает, что разработанная Щелчковым Кириллом Александровичем процедура исключения российских промышленных предприятий из перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона была успешно реализована в Республике Коми.

Научное обоснование целесообразности использования технологических показателей наилучших доступных технологий в качестве специфических критериев исключения предприятий целлюлозно-бумажной промышленности из перечня экологических «горячих точек» было представлено в 2019 г. как региональной, так и международной группе экспертов и единогласно поддержано.

В результате Конференция Министров окружающей среды стран Баренцева Евро-Арктического региона приняла 03.02.2020 г. решение об исключении трёх российских предприятий из перечня экологических «горячих точек».

Министр,  
председатель региональной  
рабочей группы по исключению  
экологических «горячих точек»

Р. В. Полшведкин



## СОЮЗ СТЕКОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

108811, г. Москва, поселение Московский, Киевское шоссе 22-й км., домовладение 4,  
стр. 4, блок Д, этаж 3, офис 356Б.  
тел: +7 (916) 477 85 80 e-mail: [director@glassunion.ru](mailto:director@glassunion.ru)

Чл.-корр. РАН проф. Н.П. Тарасовой,  
Председателю  
Диссертационного совета РХТУ 1.5.01,  
созданного на базе Российского химико-  
технологического университета имени  
Д. И. Менделеева

Исх. № 04-01 от 23.01.2023 г.

Глубокоуважаемая Наталья Павловна!

Эксперты Союза Стекольных Предприятий (ССП) рассмотрели материалы диссертационной работы Щелчкова Кирилла Александровича на тему: «Разработка подходов к эколого-технологическому регулированию деятельности промышленных предприятий на протяжении их жизненного цикла», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 1.5.15 – Экология (технические науки), и отмечают, что в 2018-2022 гг. предприятия ССП принимали участие в проектах, направленных на повышение ресурсной эффективности производства и ограничение выбросов парниковых газов, координатором которых выступал Щелчков К.А., в том числе в рамках реализации мероприятия «Осуществление поддержки экспортеров в части проведения количественной оценки и учёта результатов выполненных ими пилотных проектов по снижению выбросов парниковых газов» Национального проекта «Международная кооперация и экспорт».

Подтверждаю, что разработанные Щелчковым К.А. подходы к обоснованию целей и задач повышения экологической и энергетической эффективности в рамках развития систем экологического и энергетического менеджмента промышленных предприятий и учёта требований наилучших доступных технологий при подготовке социально-экологической отчётности получили практическое применение в отрасли.

Исполнительный директор



С.В. Секин

**Автономная некоммерческая организация  
дополнительного профессионального образования**



АНО ДПО «ЦЭАМ»  
р/с: 40703810264010100267  
Банк: Томское отделение № 8616  
ПАО Сбербанк г. Томск  
к/с: 30101810800000000606  
ИНН: 7017061558  
КПП: 701701001  
БИК: 046902606

Местонахождение: 634003, г. Томск, пл. Соляная, д. 6/8, оф. 403, т/ф: (3822) 900-224  
E-mail: [vera\\_bareysa@mail.ru](mailto:vera_bareysa@mail.ru) [www.ecoaudit.tomsk.ru](http://www.ecoaudit.tomsk.ru)

№ 03 от «06» февраля 2023 г.

В диссертационный совет  
РХТУ.1.5.01, созданный на базе  
Российского химико-технологического  
университета имени Д. И. Менделеева

Настоящим подтверждаю, что результаты, полученные Щелчковым Кириллом Александровичем в рамках подготовки диссертационного исследования на тему «Разработка подходов к эколого-технологическому регулированию деятельности промышленных предприятий на протяжении их жизненного цикла», использованы при разработке программ и проведении курсов повышения квалификации в 2019-2022 гг.:

- «Горячие точки» Баренцева региона: наилучшие доступные технологии, комплексные экологические разрешения и программы повышения экологической эффективности» (2019-2020 гг.);
- «Управление загрязнёнными (нарушенными) участками земель» (2021 г.);
- «Наилучшие доступные технологии и современные системы менеджмента» (2021-2022 гг.).

Курсы повышения квалификации прошли более 200 представителей промышленных предприятий, региональных органов исполнительной власти, высших учебных заведений и консультационных компаний. Автор диссертационного исследования принял активное участие в разработке программ и ведении занятий как в очном формате, так и в формате видеоконференций.

Директор



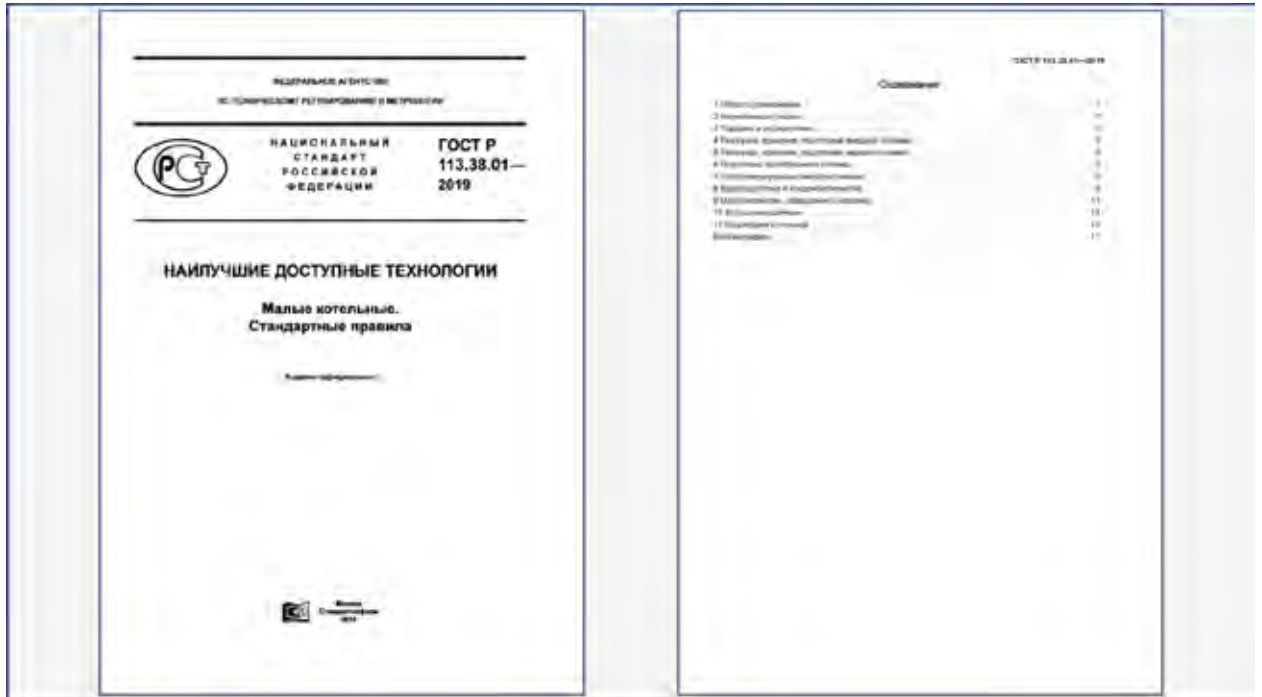
Барейша И. А.

**Классификация норм общего действия,  
используемых для целей эколого-технологического регулирования**



**Нормы общего действия (стандартные правила)  
для источников незначительного негативного  
воздействия на окружающую среду (выдержки)**

ГОСТ Р 113.38.01-2019 Наилучшие доступные технологии.  
Малые котельные. Стандартные правила



BS EN 12566-3:2016 Малые очистные сооружения  
(очистка сточных вод посёлков с числом жителей до 50 человек)



Год, государство (организация)	Наименование документа	Возможные направления применения в Российской Федерации
2009 г., Мальта	<p>Экологические условия для группы производителей продуктов питания и напитков</p> <p><i>Назначение:</i> Повышение экологической эффективности малых предприятий, производящих продукты питания и напитки (с количественными показателями)</p>	Учёт при развитии системы эколого-технологического регулирования объектов III категории НВОС
2010 г., Англия и Уэльс	<p>Мобильная установка для обработки почвы и загрязнённых материалов, веществ или продуктов</p> <p><i>Назначение:</i> Правила функционирования мобильных установок для обработки почвы и загрязнённых материалов, веществ или продукции</p>	Учёт при разработке ГОСТ Р серии 113
2011 г., Казахстан	<p>Инструкции по контролю за работой очистных сооружений и отведением сточных вод</p> <p><i>Назначение:</i> Адресована сверхмалым очистным сооружениям, 10–100 м<sup>3</sup>/сут.</p>	Учёт при разработке подходов к эколого-технологическому регулированию вспомогательных производств, расположенных на промплощадках объектов I категории НВОС
2013 г., Мальта	<p>Экологические условия для производителей резиновых и пластиковых изделий</p> <p><i>Назначение:</i> Повышение экологической эффективности малых предприятий, производящих различные резиновые и пластиковые изделия (с количественными показателями)</p>	Учёт при развитии системы эколого-технологического регулирования объектов III категории НВОС

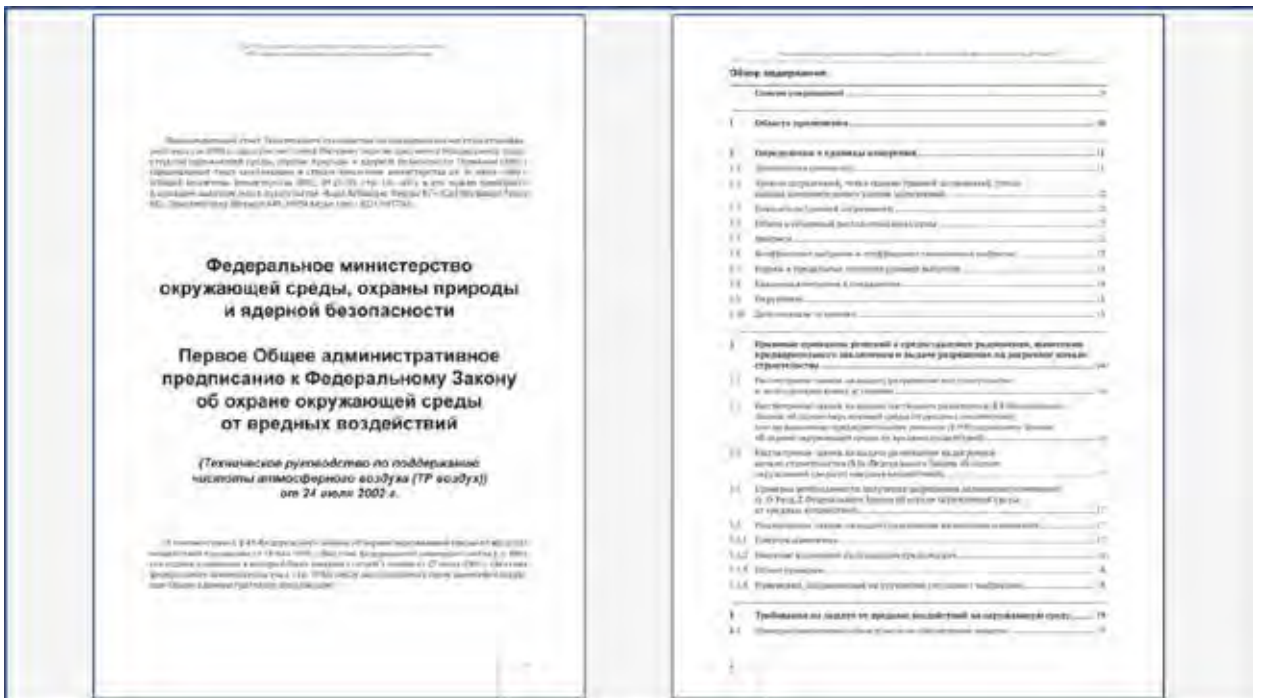
Год, государство (организация)	Наименование документа	Возможные направления применения в Российской Федерации
2015 г., Шотландия	Стандартные правила эксплуатации малых очистных сооружений <i>Назначение:</i> Эколого-экономическая оценка целесообразности отказа от применения ртути для производства хлора и щелочей	Учёт при актуализации ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»
2017 г., DIN	DIN EN 12566-3-2016. Малые очистные сооружения (очистка сточных вод посёлков с числом жителей до 50 человек) <i>Назначение:</i> Стандарт, предписывающий требования к созданию малых очистных сооружений	Учёт при разработке подходов к эколого-технологическому регулированию вспомогательных производств, расположенных на промплощадках объектов I категории НВОС (например, объектов нефте- и газодобычи)
2017 г., Англия и Уэльс	Анаэробное сбраживание осадков сточных вод с получением биогаза <i>Назначение:</i> Правила анаэробного сбраживания для малых и средних очистных сооружений (до 100 000 тонн в год)	Учёт при актуализации информационно-технического справочника ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов»
2018 г., Мальта	Экологические условия для группы отелей и ресторанов <i>Назначение:</i> Повышение экологической эффективности малых предприятий гостиничного и ресторанного сектора (с количественными показателями)	Учёт при разработке подходов к эколого-технологическому регулированию вспомогательных производств, расположенных на промплощадках объектов I категории НВОС



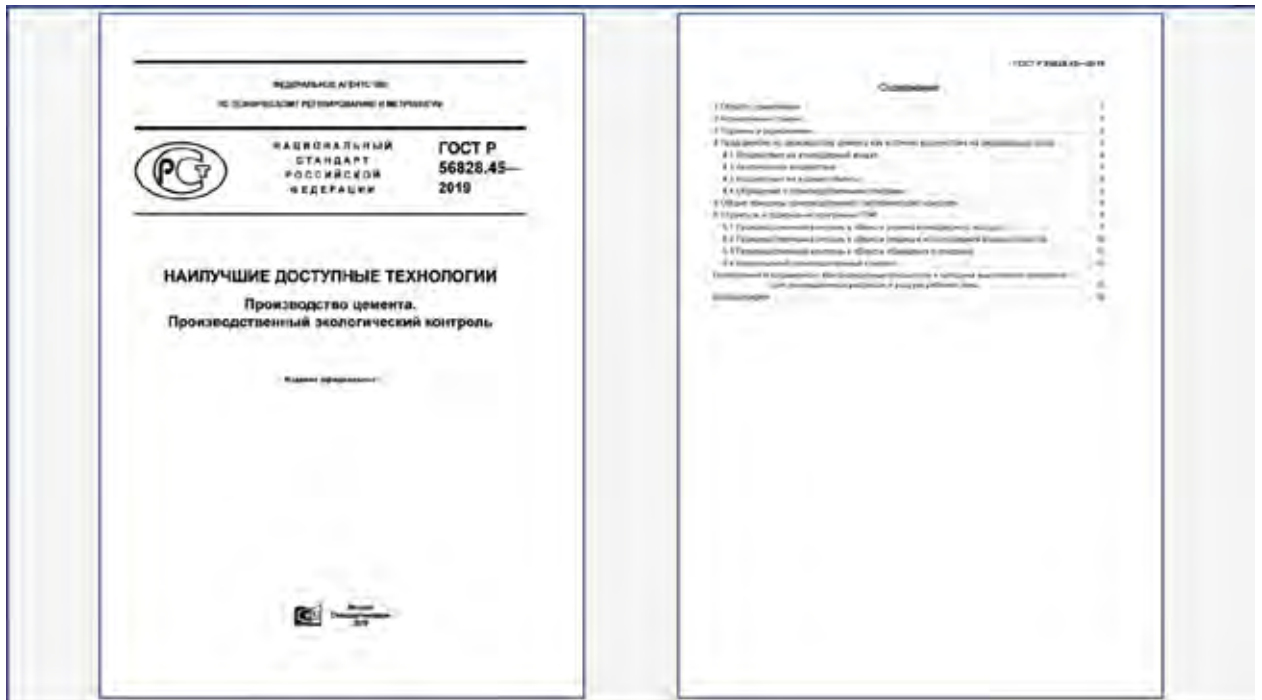
Год, государство (организация)	Наименование документа	Возможные направления применения в Российской Федерации
2019 г., Российская Федерация	ГОСТ Р 113.38.01-2019 Наилучшие доступные технологии. Малые котельные. Стандартные правила <i>Назначение:</i> Технологические, технические и управленческие подходы эксплуатации малых котельных, применение которых способствует снижению уровня их негативного воздействия на окружающую среду	ГОСТ Р 113.38.01-2019 применяется в добровольном порядке. Целесообразно актуализировать с включением технологических показателей
2020 г., Китай	Экологические условия для предприятий, оказывающих услуги по обслуживанию транспорта и ремонту двигателей <i>Назначение:</i> Повышение экологической эффективности малых предприятий, ремонтирующих, осуществляющих техническое обслуживание автотранспорта	Учёт при разработке подходов к эколого- технологическому регулированию вспомогательных производств, расположенных на промплощадках объектов I категории НВОС
2021 г., Китай	Экологические условия для производителей продукции из дерева <i>Назначение:</i> Повышение экологической эффективности малых предприятий, занятых обработкой древесины и производством продукции (в том числе древесно- стружечных плит)	Учёт при развитии системы эколого-технологического регулирования объектов III-IV категории. Учёт при разработке подходов к эколого- технологическому регулированию вспомогательных производств, расположенных на промплощадках объектов I категории НВОС

**Нормы общего действия (стандартные правила), разъясняющие особенности применения отраслевых справочников по наилучшим доступным технологиям для сокращения негативного воздействия на атмосферный воздух и (или) водные объекты (выдержки)**

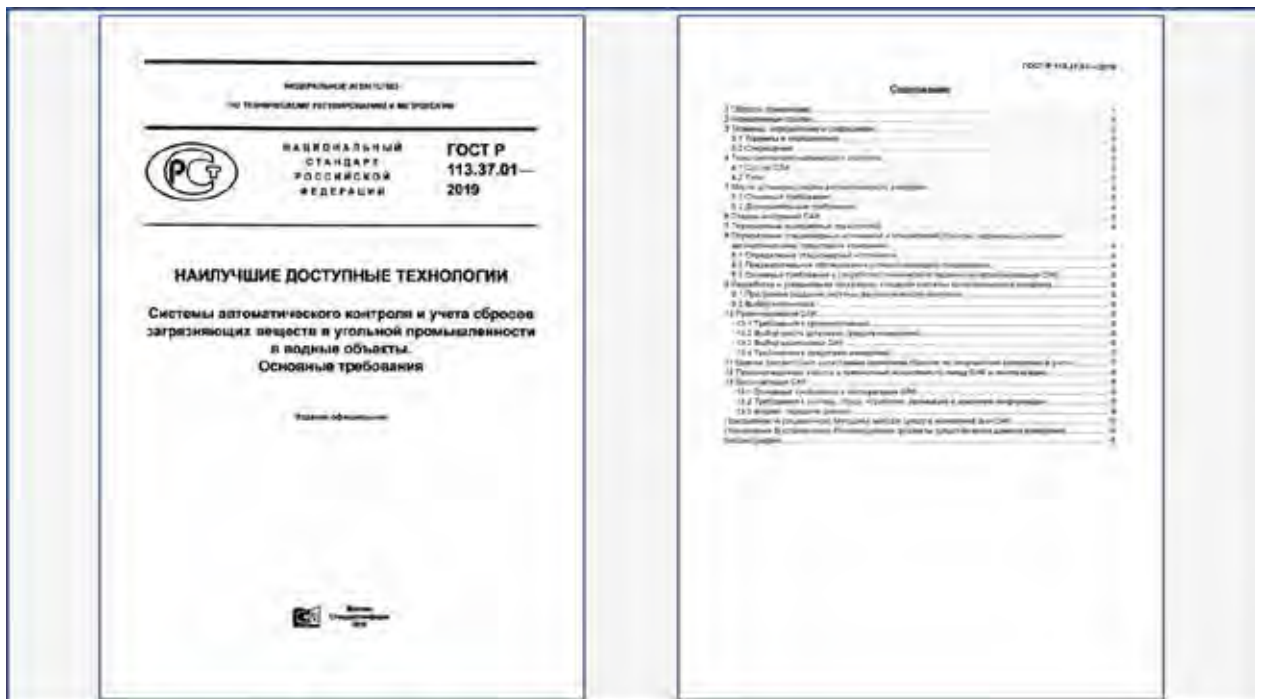
**Техническое руководство по поддержанию чистоты атмосферного воздуха (TR Воздух)**



ГОСТ Р 56828.45-2019 Наилучшие доступные технологии.  
Производство цемента. Производственный экологический контроль



ГОСТ Р 113.37.01-2019 Наилучшие доступные технологии.  
Системы автоматического контроля и учёта сбросов загрязняющих веществ  
в угольной промышленности в водные объекты. Основные требования



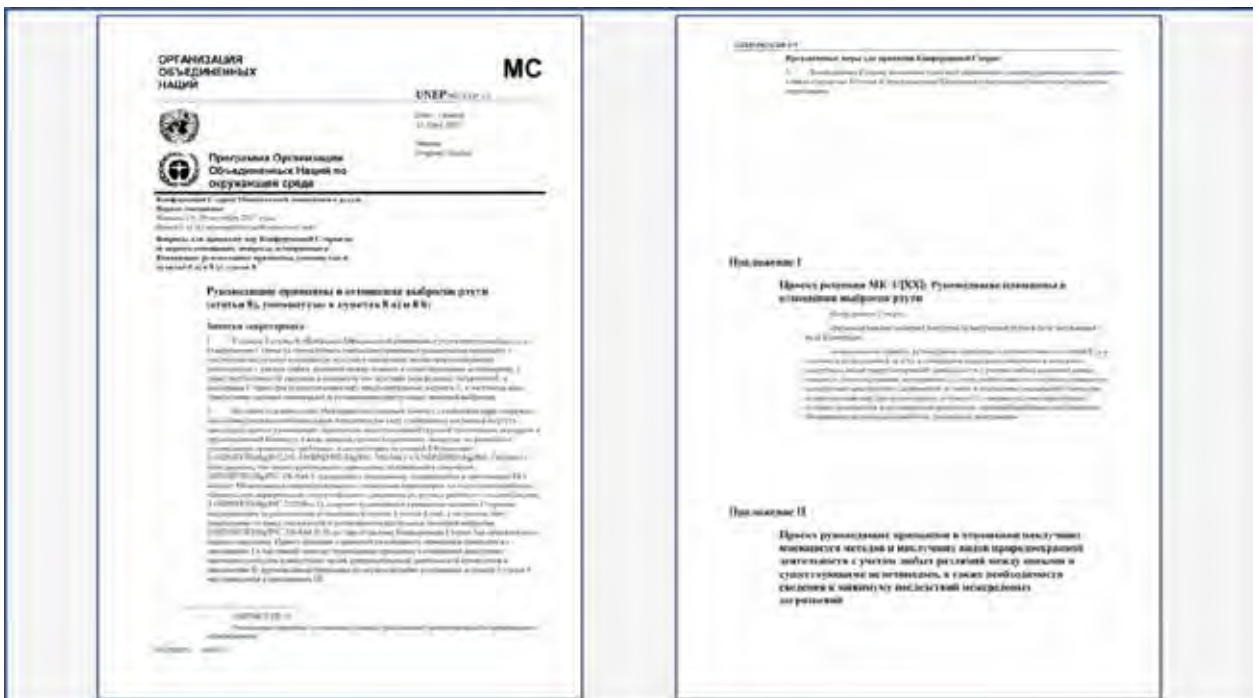
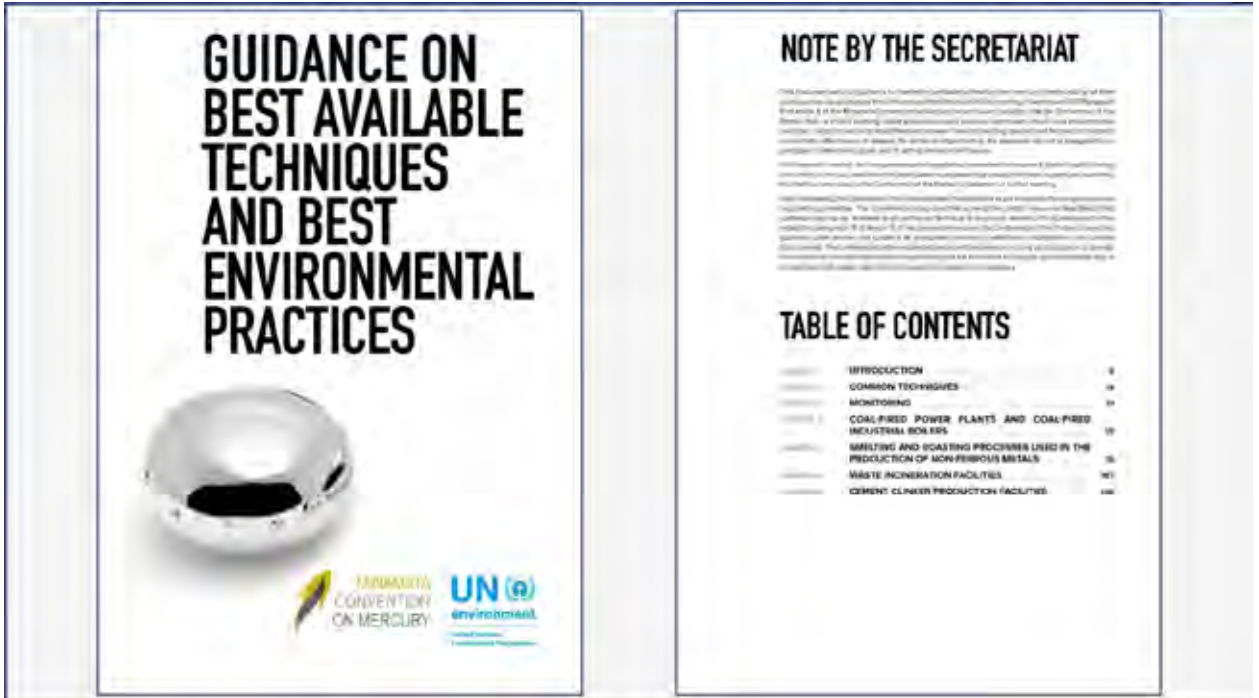
Год, государство	Наименование документа	Возможные направления применения в Российской Федерации
1997 г., Германия	Требования к сбросу сточных вод в водные объекты (AbwV) <i>Назначение:</i> Минимальные требования к сбросу очищенных сточных вод в водные объекты (разъяснение отраслевых и межотраслевых требований)	Учёт при развитии системы требований к системе нормирования сточных вод, очищенных на сооружениях централизованных систем водоотведения – ЦСКВ (не городских)
1999 г., Сингапур	Руководство по установлению требований к выбросам загрязняющих веществ в воздух <i>Назначение:</i> Разъяснение порядка расчёта нормативов выбросов для территорий с различной антропогенной нагрузкой	Учёт при развитии системы выдачи комплексных экологических разрешений в городах с неблагоприятной экологической ситуацией
2002 г., Германия	Техническое руководство по поддержанию чистоты атмосферного воздуха (TA Luft) <i>Назначение:</i> Разъяснение требований к уровню очистки отходящих газов, проектированию и эксплуатации систем автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ	Учёт при совершенствовании требований к системам автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух
2009 г., Швеция	Руководство по удалению ливневых сточных вод с производственных площадок <i>Назначение:</i> Минимальные требования к очистке ливневых сточных вод, в том числе, отводимых в олиготрофные озёра	Учёт при актуализации ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»

Год, государство	Наименование документа	Возможные направления применения в Российской Федерации
2012 г., Нидерланды	Требования к системам автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ на крупных предприятиях <i>Назначение:</i> Разъяснение требований отраслевых справочников по НДТ в части контроля выбросов	Учёт при совершенствовании требований к системам автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух
2017 г., Шотландия	Руководство по экологическому регулированию выбросов загрязняющих веществ в воздух на уязвимых (чувствительных) территориях <i>Назначение:</i> Установление требований к содержанию кислых газов в выбросах отходящих газов	Учёт при развитии системы выдачи комплексных экологических разрешений предприятиям, расположенным в границах особо охраняемых природных территорий
2017 г., Российская Федерация	ГОСТ Р 56828.26-2017 Наилучшие доступные технологии. Ресурсосбережение. Аспекты эффективного обращения с отходами в цементной промышленности <i>Назначение:</i> Назначение: рекомендации по обращению с отходами, в том числе, по использованию отходов различных отраслей промышленности в производстве цемента	Учёт при актуализации ИТС 6 «Производство цемента»
2019 г., Российская Федерация	ГОСТ Р 56828.45-2019 Наилучшие доступные технологии. Производство цемента. Производственный экологический контроль	Учёт при актуализации информационно-технических справочников «Производство цемента» и «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения»

Год, государство	Наименование документа	Возможные направления применения в Российской Федерации
2019 г., Российская Федерация	ГОСТ Р 113.37.01-2019 Наилучшие доступные технологии. Системы автоматического контроля и учёта сбросов загрязняющих веществ в угольной промышленности в водные объекты. Основные требования	Учёт при разработке ГОСТ по системам автоматического контроля сбросов загрязняющих веществ в других отраслях промышленности
2020 г., Германия	Руководство по экологическому регулированию сооружения очистки ливневых сточных вод, образующихся на участках обслуживания транспорта <i>Назначение:</i> Минимальные требования, устанавливаемые для транспортных участков промышленных предприятий	Учёт при актуализации ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»

**Нормы общего действия (стандартные правила), представляющие собой процедуры экологического менеджмента, в том числе применимые при подготовке к выводу из эксплуатации технологических процессов, в которых используются и (или) образуются опасные химические вещества (выдержки)**

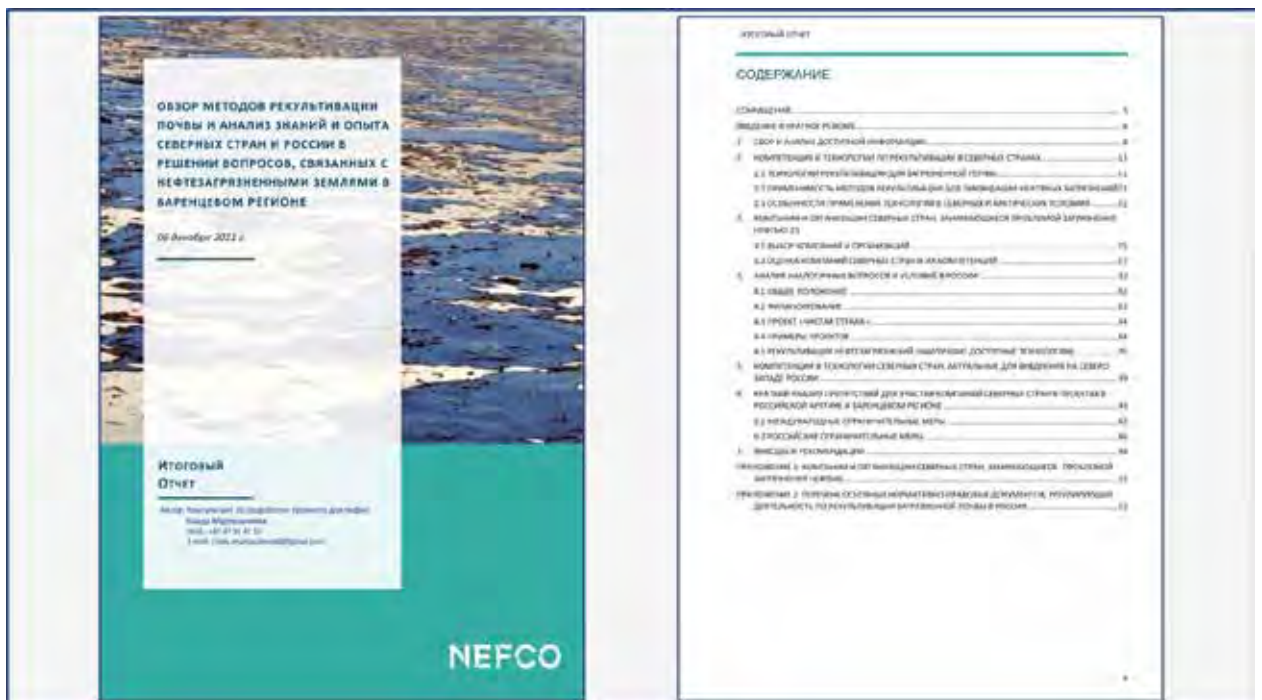
Руководящие принципы в отношении наилучших доступных технологий и наилучших экологических практик (для существующих и новых источников воздействия)



Руководство по наилучшим доступным технологиям и наилучшим экологическим практикам (в соответствии со Ст. 5 и Приложением С Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях / загрязняющих веществах)



Методы рекультивации почвы: анализ опыта северных стран и России в решении вопросов, связанных с нефтезагрязненными землями в Баренцевом регионе





<b>Год, государство (организация)</b>	<b>Наименование документа</b>	<b>Возможные направления применения в Российской Федерации</b>
2001 г., Швеция	Руководство по выводу из эксплуатации устаревших технологических процессов целлюлозно-бумажного производства Особое внимание уделено выводу из эксплуатации установок по производству хлора и оценке уровня загрязнения донных отложений хлорорганическими соединениями	Учёт при разработке разделов по подготовке к выводу из эксплуатации технологических процессов в информационно-техническом справочнике
2003 г., Канада	Руководство по ремедиации загрязнённых участков территории Охватывает подходы к ремедиации территорий, загрязнённых различными веществами	Учёт при разработке и актуализации информационно-технического справочника «Ликвидация объектов накопленного экологического вреда»
2007 г., ЮНЕП	Руководство по наилучшим доступным технологиям и наилучшим экологическим практикам (в соответствии со Ст. 5 и Приложением С Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях / загрязняющих веществах)	Учёт при разработке разделов о выбросах стойких органических загрязняющих веществ в ИТС для различных отраслей промышленности
2012 г., Глобальное партнёрство по ртути (ЮНЕП)	Рекомендации по переходу к производству хлора и щелочей без использования ртути Эколого-экономическая оценка целесообразности отказа от применения ртути для производства хлора и щелочей	Учёт при разработке программы перехода к производству хлора и щелочей без использования ртути

<b>Год, государство (организация)</b>	<b>Наименование документа</b>	<b>Возможные направления применения в Российской Федерации</b>
2015 г., США (штат Гавайи)	Методы управления загрязнённых диоксинами участков земель (с классификацией уровней загрязнения)	Учёт при разработке и актуализации информационно- технического справочника «Ликвидация объектов накопленного экологического вреда»
2015 г., ЮНЕП	Руководство по наилучшим экологическим практикам предотвращения загрязнения земель ртутью в бассейне Средиземного моря Анализ состояния загрязнённых производственных площадок и рекомендации по перепрофилированию	Учёт при разработке разделов по подготовке к выводу из эксплуатации технологических процессов, в которых использовалась ртуть (хлорщелочного производства, в частности)
2017 г., Индия	Руководство по оценке и восстановлению загрязненных участков территорий в Индии Описание методов исследования, ремедиации и мониторинга земель (для контрольно-надзорных органов)	Учёт при подготовке программ взаимодействия промышленных предприятий и контрольно- надзорных органов в сфере оценки загрязнения и результатов ремедиации промышленных площадок и прилегающих участков территории
2019 г., Конвенция Минамата (ЮНЕП)	Руководящие принципы в отношении наилучших доступных технологий и наилучших экологических практик (для существующих и новых источников воздействия)	Учёт при разработке руководства по предотвращению загрязнения окружающей среды ртутью

<b>Год, государство (организация)</b>	<b>Наименование документа</b>	<b>Возможные направления применения в Российской Федерации</b>
2022 г., Международная группа экспертов по экологическим «горячим точкам» Баренцева региона	Методы рекультивации почвы: анализ опыта северных стран и России в решении вопросов, связанных с нефтезагрязнёнными землями в Баренцевом регионе  Подходы к ремедиации территорий, загрязнённых нефтепродуктами в Баренцевом регионе	Учёт при актуализации рекомендаций по ремедиации нефтезагрязнённых земель

---

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

---



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСТ Р  
XXXXX —  
202X**

*(Проект, первая редакция)*

---

**НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Проведение сварочных работ.**

**Нормы общего действия**

**Издание официальное**

*Настоящий проект стандарта  
не подлежит применению до его принятия*

**Москва  
Российский институт стандартизации  
202X**

## Предисловие

1. РАЗРАБОТАН XXXXX XXXXX XXXXX совместно с Федеральным государственным автономным учреждением «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»)

2. ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 113 «Наилучшие доступные технологии»

3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от XX xxxx 202X г. № XXX

4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)*

ã Стандартинформ, 201X

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1. Область применения
  2. Нормативные ссылки
  3. Термины и определения
  4. Требования к материалам и оборудованию
  5. Разгрузка, хранение и подготовка материалов
  6. Сварочные посты и посты газовой резки, виды и требования
  7. Воздействие на атмосферный воздух и нормирование
  8. Требования к системам вентиляции стационарных сварочных постов, очистка выбросов, и возможные методы снижения выбросов
  9. Общие требования к организации рабочего места, требования к персоналу
  10. Обращение с отходами
  11. Защита от шума
- Библиография

## Введение

Сварка и резка металлов являются одними из основных факторов, определяющих темпы технического прогресса, и оказывают существенное влияние на эффективность общественного производства во многих отраслях промышленности.

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений материалов посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или пластическом деформировании, или совместным действием того и другого. Сваркой соединяют однородные и разнородные металлы и их сплавы, металлы с некоторыми неметаллическими материалами (керамикой, графитом, стеклом и др.), а также пластмассы.

Сварка и родственные процессы в соответствии с международной классификацией (ИСО) относятся к специальным, т. е. процессам, когда конечный результат нельзя в полной мере проверить последующим контролем, испытанием продукции или когда дефекты могут быть выявлены только в процессе использования продукции (ИСО 9001, ИСО 2000-12-15).

Методы государственного регулирования воздействий на окружающую среду, в том числе методы нормирования таких воздействий, для объектов хозяйственной деятельности дифференцированы в зависимости от уровня потенциальной опасности деятельности для окружающей среды. Для определения уровней потенциальной опасности применяют критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (НВОС), к объектам I, II, III и IV категорий, утвержденные [1]. Экологическое регулирование и нормирование на принципах наилучших доступных технологий (НДТ) (технологическое нормирование) применяется только к объектам I категории, оказывающим значительное негативное воздействие на окружающую среду. Для таких объектов разработаны информационно-технические справочники по НДТ, установлены нормативные значения технологических показателей НДТ, экологические ограничения и условия их эксплуатации определены особыми документами – комплексными экологическими разрешениями (КЭР).

Для видов экономической деятельности, не отнесенных к областям применения НДТ и объектов НВОС прочих категорий указанные методы государственного регулирования не применяются. Тем не менее, несмотря

на относительно более низкие уровни НВОС, для таких объектов могут быть актуальными проблемы снижения отдельных видов негативного воздействия или комплексного снижения такого воздействия, в том числе и сварочных работ, в особенности учитывая, что в состав выбросов от проведения сварочных работ и работ по резке металла входят вещества 1 и 2 класса опасности [3], и вещества, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды [2].

В настоящем стандарте описаны виды сварочных работ на предприятиях, где эти работы используются в качестве вспомогательных операций и только для собственных нужд, мероприятия, направленные на снижение уровня негативного воздействия на окружающую среду, рекомендуемые способы обращения с отходами, образующимися при производстве сварочных работ. Данные технологии формально не могут быть отнесены к НДТ для сварочных работ и работ по газовой резке, в связи с чем их применение не может быть обязательным относительно этих объектов. В то же время использование НДТ будет способствовать повышению уровня экологической безопасности при проведении сварочных работ и работ по резке металла, снижению их негативного воздействия на окружающую среду, соблюдению природоохранных требований.



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ****НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ****Проведение сварочных работ.****Стандартные правила (нормы общего действия)**

Carrying out welding works. Standard rules (General Binding Rules)

**Дата введения – 202Х–ХХ–ХХ****1. Область применения**

Настоящий стандарт содержит описания технологий, методов проведения сварочных ремонтных и текущих работ на передвижных и стационарных сварочных постах предприятий и организаций, с использованием ручной дуговой сварки сталей, полуавтоматическую сварку сталей в защитных средах, газовую резку сталей толщиной до 10 мм с использованием кислорода, газовую сварку сталей ацетилен-кислородным пламенем и с использованием пропан-бутановой смеси, для объектов среднего специального образования по обучению сварщиков и специалистов сварочных производств, оборудованных стационарными сварочными установками, применение которых способствует снижению уровня их негативного воздействия на окружающую среду, а также соблюдению природоохранных требований нормативных правовых актов Российской Федерации.

Настоящий стандарт не распространяется на стационарные и передвижные сварочные посты, на предприятиях, оборудованных тремя и более стационарными сварочными постами; на предприятия, относящиеся к опасным производственным объектам; на предприятия, эксплуатирующие автоматические сварочные установки, использующие контактную сварку материалов, газовую резку сталей толщиной более 10 мм, газовую сварку и резку цветных металлов, лазерную и плазменную резку металлов, дуговую наплавку, ультразвуковую сварку, вакуумную сварку, индукционную наплавку, атомно-водородную сварку, сварку полимерных материалов; на объекты строительства; на научно-исследовательские организации где проводятся исследования и разработка технологий сварочных процессов.

Настоящий стандарт не распространяется на сварочные работы и резку металла, проводимые при ликвидации аварийных ситуаций.

## 2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 54098 Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения.

ГОСТ Р 56828.15 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения.

ГОСТ 21694-94 Оборудование сварочное механическое. Общие технические условия.

ГОСТ 9466-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия.

ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия.

ГОСТ 12.3.003-86 Работы электросварочные. Требования безопасности.

ГОСТ 949-73 Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на  $P_p \leq 19,6$  МПа ( $200 \text{ кгс/см}^2$ ). Технические условия.

ГОСТ Р 52087-2018 Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия.

ГОСТ Р ИСО 14175-2010 Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов.

ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Раздел 7.

СТО НОСТРОЙ 2.10.64-2012 Сварочные работы. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ (с Поправками).

РД 34.10.124-94 Инструкция по подготовке и хранению сварочных материалов (утв. Минтопэнерго России 03.01.1995 г.).

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом

всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочного свода правил в федеральном информационном фонде стандартов.

### **3. Термины и определения**

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 54098, ГОСТ Р 56828.15, а также [1]–[14].

### **4. Требования к материалам и оборудованию**

4.1. Оборудование, используемое при проведении сварочных работ и работ по резке материалов, должно соответствовать ГОСТ 21694-94, ПУЭ. Раздел 7.

4.2. Баллоны с газами должны соответствовать ГОСТ 949-73.

4.3. Газы должны соответствовать ГОСТ Р 52087-2018 и ГОСТ Р ИСО 14175-2010.

4.4. Хранение сварочных материалов должно выполняться в соответствии с требованиями РД 34.10.124-94.

### **5. Разгрузка, хранение и подготовка материалов**

5.1. Операции при разгрузке, хранении и подготовке материалов для проведения сварочных работ не являются источниками негативного воздействия на окружающую среду. Источником загрязнения воздуха в местах хранения могут быть:

– процессы транспортирования материалов к местам проведения сварочных работ;

– процессы разгрузки и погрузки материалов с применением спецтехники, оборудованной топливными двигателями.

5.2. Для предотвращения негативного влияния мест разгрузки, хранение и подготовка материалов на водные объекты необходимо защищать поверхностный сток с территории от попадания паводковых, ливневых и грунтовых вод.

5.3. Покрытые электроды должны поставляться упакованными в соответствии с ГОСТ 9466-75 (СТ СЭВ 6568-89) [14]. Проволока должна поставляться в соответствии с ГОСТ 2246-70 [14] или техническими условиями, в мотках (бухтах, катушках). Мотки проволоки одной партии допускается связывать в бухты. Каждая партия сварочного материала должна сопровождаться сертификатом, удостоверяющим соответствие проволоки требованиям стандарта или технических условий. Приемку сварочных материалов осуществляют лица, назначенные ответственными за прием приказом руководителя предприятия.

5.4. Склады (кладовые) должны быть оборудованы в соответствии с требованиями строительных, санитарных и противопожарных норм и правил, утвержденных в установленном порядке.

## **6. Сварочные посты и посты газовой резки, виды и требования**

6.1. Сварочные посты и посты газовой резки, в зависимости от типа вида проводимых сварочных работ, подразделяются на стационарные и передвижные.

Стационарные посты – посты, в помещениях или на специально отведенных для этих целей площадках, у которых можно установить постоянные координаты.

Передвижные посты сварки и резки – посты, предназначенные для проведения разовых работ на открытом воздухе, преимущественно для монтажа и ремонта на линейных объектах, а также на ремонтных работах вне зданий и сооружений на территории предприятий и организаций.

6.2. Помещения и площадки для организации стационарных и передвижных сварочных постов должны соответствовать требованиям ПУЭ-7. Глава 7.6. Электросварочные установки и Приказу Минтруда РФ от 11.12.2020 г. № 884н.

6.3. Сварочные работы разделяются на основные типы:

- ручная дуговая сварка с использованием электродов;
- полуавтоматическая сварка без газовой защиты;

- полуавтоматическая сварка с газовой защитой.
- газовая сварка с использованием ацетилен-кислородного пламени;
- газовая сварка с использованием пропан-бутановой смеси;

6.4. Газовая резка разделяется по типу материала:

- углеродистые стали;
- легированные стали;
- износостойкие высокомарганцовистые стали.

## **7. Воздействие на атмосферный воздух и нормирование**

7.1. При проведении сварочных работ и работ по газовой резке металла образуется сварочный аэрозоль. Сварочный аэрозоль представляет собой сложную газо-аэрозольную смесь химических веществ. Дисперсная фаза или же твердая составляющая сварочного аэрозоля состоит из мельчайших частиц паров металлов и других веществ, входящих в состав сварочных материалов и стали, которые конденсируются за пределами зоны высокотемпературного нагрева. Химический состав сварочного аэрозоля зависит от состава сварочных материалов и состава свариваемого, либо разрезаемого металла, от режима сварки и резки, состава защитных газов и газовых смесей.

7.2. При проведении инвентаризации выбросов ЗВ в атмосферу и их источников, формировании статистической отчетности при проведении сварочных работ подлежат учету выбросы ЗВ, представленных в таблице 1.

Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при проведении сварочных работ не должны превышать:

- по сварочному аэрозолю (суммарно) – 48,7 г/кг используемых сварочных материалов;
- по фтористым газообразным соединениям – 2,13 г/кг используемых сварочных материалов;
- по азота диоксиду – 2,7 г/кг используемых сварочных материалов;
- по углерода оксиду – 14,0 г/кг используемых сварочных материалов.

Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при резке сталей толщиной до 10 мм не должны превышать:

- по марганцу и его соединениям – 2,8 г/ч;
- по железа оксиду – 143 г/ч;
- по азота диоксиду – 64,1 г/ч;
- по углерода оксиду – 63,4 г/ч.

Таблица 1 – Загрязняющие вещества, выбросы которых при проведении сварочных работ и при газовой резке металла подлежат учету, нормированию и формированию статистической отчетности

Загрязняющее вещество	Класс опасности в атмосферном воздухе	Источник выделения	Подлежит нормированию
Хром (в пересчете на хрома (VI) оксид)*	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û ручная дуговая сварка с использованием электродов</li> <li>Û полуавтоматическая сварка без газовой защиты</li> <li>Û полуавтоматическая сварка с газовой защитой</li> <li>Û газовая резка легированных сталей</li> <li>Û газовая резка износостойких высокомарганцовистых сталей</li> </ul>	Да. Для предприятий I–III категории
Фтористые газообразные соединения (в пересчете на фтор) – гидрофторид (водорода фторид, фтороводород)	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û ручная дуговая сварка с использованием электродов</li> <li>Û полуавтоматическая сварка без газовой защиты</li> </ul>	Да. Для предприятий I–III категории
Фториды неорганические плохо растворимые – алюминия фторид, кальция фторид, натрия гексафторалюминат	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û ручная дуговая сварка с использованием электродов</li> <li>Û полуавтоматическая сварка без газовой защиты</li> </ul>	Да. Для предприятий I–III категории
Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û ручная дуговая сварка с использованием электродов</li> <li>Û полуавтоматическая сварка без газовой защиты</li> <li>Û полуавтоматическая сварка с газовой защитой</li> <li>Û газовая резка углеродистых сталей</li> <li>Û газовая резка износостойких высокомарганцовистых сталей</li> </ul>	Да. Для предприятий I–III категории
Никель оксид (в пересчете на никель) – никель окись; никель монооксид*	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û ручная дуговая сварка с использованием электродов</li> <li>Û полуавтоматическая сварка с газовой защитой**</li> </ul>	Да. Для предприятий I–III категории
диЖелезо триоксид, (железа оксид) (в пересчете на железо) – железо сесквиоксид	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û ручная дуговая сварка с использованием электродов</li> <li>Û полуавтоматическая сварка без газовой защиты</li> <li>Û полуавтоматическая сварка с газовой защитой</li> <li>Û газовая резка углеродистых сталей</li> <li>Û газовая резка легированных сталей</li> <li>Û газовая резка износостойких высокомарганцовистых сталей</li> </ul>	Нет
Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – 70–20	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û ручная дуговая сварка с использованием электродов</li> <li>Û газовая резка износостойких высокомарганцовистых сталей</li> </ul>	Да. Для предприятий II категории

Загрязняющее вещество	Класс опасности в атмосферном воздухе	Источник выделения	Подлежит нормированию
Азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота)	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û ручная дуговая сварка с использованием электродов</li> <li>Û полуавтоматическая сварка с газовой защитой</li> <li>Û газовая резка углеродистых сталей</li> <li>Û газовая резка легированных сталей</li> <li>Û газовая резка износостойких высокомарганцовистых сталей</li> </ul>	Да. Для предприятий II категории
Молибден и его неорганические соединения (молибдена (III) оксид, парамолибдат аммония и др.) (по молибдену)*	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û ручная дуговая сварка с использованием электродов</li> </ul>	Нет
Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û ручная дуговая сварка с использованием электродов</li> <li>Û полуавтоматическая сварка с газовой защитой</li> <li>Û газовая резка углеродистых сталей</li> <li>Û газовая резка легированных сталей</li> <li>Û газовая резка износостойких высокомарганцовистых сталей</li> </ul>	Да. Для предприятий II категории

\* – при сварке конструкций из хромомолибденовых сталей и для электродов, в состав которых входят соединения хрома и молибдена

\*\* – для проволок с содержанием никеля более 0,30 %

Концентрации всех загрязняющих веществ, создаваемые выбросами от проведения сварочных работ и газовой резки металла на территории объектов с нормируемым качеством атмосферного воздуха, должны соответствовать [3]. Концентрации загрязняющих веществ определяются с использованием Методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе [4].

## **8. Требования к системам вентиляции стационарных сварочных постов, очистка выбросов, и возможные методы снижения выбросов**

8.1. Стационарные посты сварки должны быть оборудованы индивидуальной системой вытяжной вентиляции с объемом удаляемого воздуха, обеспечивающим соблюдение требований [3] в части требований к качеству воздуха рабочих мест. Помимо вытяжной системы, помещение также оборудуется приточной системой для естественной или принудительной подачи свежего воздуха. Производственные помещения для проведения электросварочных работ

должны отвечать требованиям действующих строительных норм и правил, санитарных норм проектирования промышленных предприятий.

8.2. Для снижения выбросов сварочного аэрозоля в атмосферный воздух рекомендуется применять многоступенчатые фильтры на основе тонковолокнистых химических материалов и электрофильтры. При выборе систем очистки целесообразно использовать рекомендации [5].

8.3. Для предотвращения потерь тепла в помещении, где проводятся сварочные работы и операции по резке металла, могут быть использованы фильтровентиляционные агрегаты, в которых загрязненный воздух проходит через фильтр и уже очищенным возвращается в помещение без потери тепла. Фильтровентиляционные агрегаты особенно необходимы в местах, где в плохопроветриваемых помещениях постоянно проводятся работы с выделением сварочного аэрозоля. Для удаления и очистки воздуха от стационарных сварочных постов могут быть также использованы специализированные столы сварщика, оснащенные фильтровентиляционными агрегатами.

8.4. Снижение выбросов от сварочных работ может достигаться за счет установки параметров, максимально гарантирующих образование сварного шва, имеющего требуемые габариты и конфигурацию, а также необходимые для конкретного соединения характеристики. Выбор и установка параметров производится самим сварщиком согласно существующим требованиям. На выбор оказывают влияние вид сварного соединения, марка стали свариваемых деталей и проводника тока, пространственное расположение. Величину тока при сварке устанавливают согласно диаметру выбранного электрода, а диаметр, в свою очередь, зависит от толщины свариваемых элементов. При слабом токе нарушается стабильность дуги, шов не будет провариваться целиком, что вызывает появление трещин. Повышенное значение тока вызывает быстрый процесс сварки и приводит к повышенному выделению сварочного аэрозоля.

8.5. Снижение выбросов сварочного аэрозоля может достигаться за счет скорости сварки. Следует выбрать оптимальное значение скорости и поддерживать его постоянным на протяжении всего процесса. Большая скорость приведет к недостаточному провару шва, что вызовет появление трещин. При медленном перемещении жидкий металл начнет собираться впереди дуги, что увеличивает толщину шва и увеличивает валовый выброс сварочного аэрозоля.



8.6. Снижение выбросов сварочного аэрозоля может быть достигнуто за счет замены обычной электродной сварки (там, где это допускается требованиями к сварочному процессу), на сварку в среде защитных газов. Защитные специальные газы, поступающие в область сваривания, предотвращают поступление воздуха, который оказывает негативное влияние на свойства соединения материалов и как следствие, снижает объем образования оксидов металлов.

8.7. Дополнительным мероприятием для снижения выбросов загрязняющих веществ от сварочных работ и от работ по газовой резке металла, является повышение квалификации персонала.

## **9. Общие требования к организации рабочего места, требования к персоналу**

9.1. Последовательность и условия выполнения сварочных работ и операций по газовой резке сталей, обеспечивающих экономичность материалов и электроэнергии и минимизацию выбросов загрязняющих веществ, установлены в инструкциях по эксплуатации сварочного оборудования, разработанных производителем оборудования, инструкциями по охране труда, стандартами организации, утвержденных техническим руководителем.

9.2. Рабочее место сварщика на стационарном сварочном посту должно соответствовать ГОСТ 12.3.003-86. Организация технологических процессов сварки должна соответствовать требованиям правил устройства электроустановок (ПУЭ) и предусматривать максимально возможную механизацию, автоматизацию, дистанционное управление процессами сварки или его отдельными элементами, а также должны быть приняты меры по локализации опасных и вредных производственных факторов.

9.3. Сварочное оборудование, в зависимости от его назначения, должно соответствовать [11], [12], [13].

9.4. Сварка в замкнутых и труднодоступных пространствах должна производиться по наряду-допуску на особо опасные работы.

9.5. Аттестация сварщика базируется на специально разработанных тестах для определения навыков и способностей сварщика.

Система аттестации предусматривает 4 уровня:

I уровень – аттестованный сварщик;

II уровень – аттестованный мастер-сварщик;

III уровень – аттестованный технолог-сварщик;

IV уровень – аттестованный инженер-сварщик.

Аттестация проводится в соответствии с документами [6], [7].

## 10. Обращение с отходами

Сварочные работы и работы по газовой резке металла сопровождаются образованием отходов. Перечень основных видов отходов с указанием класса опасности и возможных способов их удаления представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень основных видов отходов, образующихся при проведении сварочных работ с указанием класса опасности и возможных способов их удаления

Наименование отхода	код ФККО*	Возможные виды обращения с отходами
отходы зачистки пылеулавливающего оборудования при обработке черных металлов методом электрической сварки	3 61 319 11 40 4	Утилизация, обезвреживание
окалина при газовой резке черных металлов	3 61 421 11 20 4	Утилизация, обезвреживание
отходы мокрой очистки отходящих газов при обработке металлов методом электрической сварки	3 61 318 11 39 4	Утилизация, обезвреживание
отходы разложения карбида кальция при получении ацетилена для газовой сварки	3 61 331 01 39 4	Утилизация, обезвреживание
шлак сварочный	9 19 100 02 20 4	Утилизация, обезвреживание
окалина при сварке черных металлов	9 19 111 11 40 4	Утилизация, обезвреживание
отходы (остатки) стальной сварочной проволоки	9 19 141 21 20 4	Утилизация, обезвреживание
отходы газоочистки при проведении сварочных работ, содержащие оксиды кремния и железа (суммарное содержание оксидов кремния и железа более 75 %)	9 19 171 11 49 4	Утилизация, обезвреживание
отходы (остатки) сварочной проволоки из легированной стали	9 19 141 22 20 5	Утилизация, обезвреживание
остатки и огарки стальных сварочных электродов	9 19 100 01 20 5	Утилизация, обезвреживание

\* – Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 г. № 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов»

При хранении сварочных материалов с нарушением условий хранения [14] возможно образование отходов электродов и проволоки, не подлежащих дальнейшему использованию. Сварочные материалы подлежат списанию и переходят в состояние «отход», который подлежит обязательной утилизации или обезвреживанию. Размещение отхода запрещается.

## 11. Защита от шума

Производственный шум является одним из вредных факторов производственной среды, который требует к себе внимание, в т. ч. дополнительных мероприятий по борьбе с ним. Воздействие шума на работающих, превышающих предельно-допустимые уровни, обуславливает специфическое воздействие на слуховой анализатор человека, а также неспецифические изменения во всем организме, которые могут привести к потере трудоспособности. При выполнении электросварочных и газосварочных работ на работников возможно воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов, в том числе повышенные уровни шума и вибрации на рабочих местах.

Гигиеническими нормативами, используемыми для оценки уровней воздействия шума на рабочих местах, являются:

- эквивалентный уровень звука ( $L_{pA} eqT$ , дБА), уровень воздействующий на работающего за рабочую смену (измеренный или рассчитанный относительно 8 ч рабочей смены);

- максимальные уровни звука  $A$ , измеренные с временными коррекциями  $S$  и  $I$  ( $L_{pA} max$ ) – наибольшая величина уровня звука, измеренная на заданном интервале времени со стандартной временной коррекцией;

- пиковый скорректированный по  $C$  уровень звука ( $L_{pC} peak$ ), дБС –  $C$  – взвешенное наибольшее значение за время измерений.

Нормативным эквивалентным уровнем звука ( $L_{pA} eqT$ , дБА), на рабочих местах, является 80 дБА. Максимальными уровнями звука  $A$ , измеренными с временными коррекциями  $S$  и  $I$ , являются 110 дБА и 125 дБА соответственно. Пиковым скорректированным по  $C$  уровнем звука ( $L_{pC} peak$ ) является 137 дБС.

Величина максимального и эквивалентного уровня звука, при проведении сварочных работ на границе нормируемых объектов не должна превышать требований таблицы 5.35 [3].

## Библиография

- [1] Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 г. № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий»
- [2] Распоряжение Правительства РФ от 08.07.2015 г. № 1316-р «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых

применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды»

- [3] СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
- [4] Приказ Минприроды России от 06.06.2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе»
- [5] ИТС 22-2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»
- [6] ПБ 03-273-99 «Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства», утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 30.10.1998 г. № 63
- [7] РД 03-495-02 «Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства», утвержден постановлением Госгортехнадзора России от 25.06.02 г. № 36
- [8] Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
- [9] Федеральный закон от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»
- [10] Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»
- [11] ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»
- [12] ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования»
- [13] ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств»
- [14] РД 26-17-049-85 «Организация хранения, подготовки и контроля сварочных материалов»
- [15] ГОСТ 12.1.035-81 «Оборудование для дуговой и контактной электросварки Допустимые уровни шума и методы измерений»
- [16] Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.12.2020 г. № 884н «Об охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ»