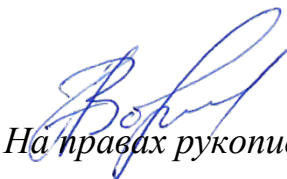


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский химико-технологический  
университет имени Д. И. Менделеева»



*На правах рукописи*

Волосатова Арина Андреевна

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
ПРОЕКТОВ ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Научная специальность: 1.5.15. Экология (технические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

**Москва – 2023**

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте  
«Центр экологической промышленной политики», г. Мытищи

- Научный руководитель: **Гусева Татьяна Валериановна**,  
доктор технических наук, профессор, заместитель  
директора по научной работе Научно-исследовательского  
института «Центр экологической промышленной  
политики», г. Мытищи
- Официальные оппоненты: **Маслобоев Владимир Алексеевич**,  
доктор технических наук, научный руководитель  
Института проблем промышленной экологии Севера,  
советник генерального директора Кольского научного  
центра Российской академии наук, г. Апатиты
- Петросян Валерий Самсонович**,  
доктор химических наук, профессор, заместитель  
генерального директора по научному развитию  
АО «РТ-Инвест», профессор кафедры радиохимии  
Московского государственного университета  
имени М. В. Ломоносова, г. Москва
- Ведущая организация: **Национальный исследовательский  
Томский государственный университет**, г. Томск

Защита состоится 20 февраля 2024 г. в 15 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций РХТУ.1.5.01, созданного на базе Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева, по адресу: 125047 Россия, г. Москва, Миусская площадь, дом 9, аудитория 443 («Конференц-зал»).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-библиотечном центре Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева и на официальном сайте [https://www.muctr.ru/university/departments/ods/inhouse/inhouse\\_announcements/](https://www.muctr.ru/university/departments/ods/inhouse/inhouse_announcements/).

Автореферат диссертации разослан \_\_ декабря 2023 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета РХТУ.1.5.01  
кандидат технических наук, доцент



Я. П. Молчанова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования** определяется растущим вниманием к устойчивому развитию, формированию зелёной экономики и достижению национальных и международных целей в этих областях. Увеличивается число научных работ и нормативных правовых актов, связанных с вопросами разработки, оценки и реализации зелёных проектов. В 2021 г. утверждены цели и основные направления устойчивого развития Российской Федерации и критерии зелёных проектов. В Послании Президента Федеральному собранию (21.02.2023 г.), а также в выступлениях на форумах и в ходе рабочих поездок по стране (2022–2023 гг.) подчёркнута необходимость расширения программ, направленных на улучшение экологической ситуации, сокращение загрязнения окружающей среды, повышение ресурсной эффективности производственных процессов. Формирование зелёной экономики отнесено к приоритетам российского председательства в Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС) в 2023 г.

Актуальность научных исследований подтверждается тем, что основные разделы диссертационной работы соответствуют п. 19 распоряжения Правительства РФ 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», а также п. 3, 4 распоряжения Правительства РФ от 14.07.2021 г. № 1912-р «Цели и основные направления устойчивого развития Российской Федерации». Результаты исследований нашли применение при выполнении ряда научно-исследовательских работ НИИ «Центр экологической промышленной политики», в том числе: «Научное обоснование развития системы зелёного финансирования промышленности», № г/р 123020600001-7, 2023 г.; «Разработка научно обоснованных рекомендаций по применению наилучших доступных технологий для формирования экономики замкнутого цикла», № г/р 122021600058-5, 2022 г.; «Разработка подходов к технологическому нормированию промышленности с учётом международного опыта», № г/р 121021600367-3, 2021 г.; «Применение принципов повышения экологической и ресурсной эффективности технологических процессов при переходе промышленности к использованию наилучших доступных технологий», № г/р АААА-А20-120060290038-1, 2020 г.

**Степень разработанности темы исследования.** Научные работы в области формирования подходов к обоснованию, разработке, реализации и оценке результатов проектов в области устойчивого развития ведут исследователи из Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева, Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Всероссийского научно-исследовательского института охраны природы, Научно-исследовательского института «Центр экологической промышленной политики», Национального исследовательского университета МЭИ, Кольского научного центра РАН, Национального исследовательского университета ИТМО, Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина и др. организаций.

В число известных зарубежных центров исследований в сфере зелёных проектов и эколого-технологической трансформации промышленности на основе концепции наилучших доступных технологий (НДТ) входят Координационный центр технологических и климатических исследований (Университет Сан-Паоло, Бразилия); Центр зелёных технологий (Университет Крэнфилд, Великобритания); Германский центр международного сотрудничества (г. Дюссельдорф); Национальный научный центр Индии (г. Калката); Объединённый институт

перспективных исследований (г. Севилья, Испания); Международный центр зелёных технологий (г. Астана, Казахстан); Университет Тунцзи (г. Шанхай, Китай) и др.

Большинство исследований посвящено вопросам экологического нормирования, а также разработке подходов к экологическим рейтингам и ранжированию компаний, однако единая система экспертной оценки зелёных проектов (проектов создания новых и модернизации действующих промышленных предприятий), основанная на объективных и прозрачных критериях, до настоящего времени не была сформирована.

**Цель исследования** заключается в разработке системы экспертной оценки проектов эколого-технологической трансформации промышленности как инструментов устойчивого развития, направленных на повышение ресурсной и экологической эффективности, а также формирование экономики замкнутого цикла и снижение углеродоёмкости производства.

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

- выполнить анализ требований и рекомендаций к проектам устойчивого развития, установленных на международном и национальном уровнях;
- разработать алгоритм и критерии оценки проектов развития промышленности, направленных на повышение ресурсной и экологической эффективности, а также формирование экономики замкнутого цикла и снижение углеродоёмкости производства;
- разработать предложения по формированию единой системы экспертной оценки проектов эколого-технологической трансформации промышленности в отраслях, отнесённых к областям применения наилучших доступных технологий;
- провести сравнительную экспертную оценку выбранных проектов развития промышленности в областях применения НДТ с использованием предложенного алгоритма и критериев;
- определить возможности гармонизации подходов к оценке проектов зелёного развития промышленности для целей евразийской интеграции.

**Методология и методы исследования.** Теоретическую и методологическую базу работы составляют труды отечественных и зарубежных учёных, которые заложили основы промышленной экологии, зелёной химии, концепции НДТ и принципы экологической промышленной политики. При выполнении исследования использованы информационные ресурсы Бюро наилучших доступных технологий.

**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, юридические вопросы природопользования и охраны окружающей среды».

**Научная новизна** заключается в том, что автором впервые разработана система экспертной оценки проектов эколого-технологической трансформации промышленности как инструментов устойчивого развития, направленных на повышение ресурсной и экологической эффективности, формирование экономики замкнутого цикла, сокращение углеродоёмкости производства и др., в том числе:

- на основании результатов анализа механизмов, обеспечивающих разработку и внедрение зелёных проектов, автором установлено, что принципы повышения ресурсной эффективности и предотвращения негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) являются системообразующими; предложена классификация международных и национальных инструментов поддержки зелёных проектов;

– впервые разработан алгоритм экспертной оценки проектов развития промышленности в областях применения НДТ; актуализирован комплексный критерий  $K = K_1 \wedge K_2 \wedge K_3$ , учитывающий достижение отраслевых технологических показателей эмиссий ( $K_1$ ), показателей ресурсной эффективности ( $K_2$ ), а также выполнение дополнительных требований ( $K_3$ ) в области формирования экономики замкнутого цикла, снижения углеродоёмкости производства и др.;

– сформулированы принципы проведения экспертной оценки проектов эколого-технологической трансформации промышленности в областях применения НДТ; разработаны ГОСТ Р 113.00.06-2020 «Наилучшие доступные технологии. Порядок отбора и назначения экспертов для определения соответствия наилучшим доступным технологиям. Общие требования» и ПНСТ 823-2023 «Наилучшие доступные технологии. Добровольная экспертная оценка. Методические рекомендации по порядку проведения»;

– на основании результатов сравнительного анализа проектов создания промышленных предприятий ЕАЭС (целлюлозно-бумажное производство и производство строительных материалов) показано, что экспертная оценка с применением комплексного критерия  $K$  позволяет провести дофинансовый отбор проектов, направленных на повышение ресурсной и экологической эффективности производства в областях применения НДТ;

– разработаны рекомендации по совершенствованию модельной Евразийской таксономии зелёных проектов и принципов отбора таких проектов, включающие (1) определение общих областей применения НДТ; (2) проведение сопоставительного анализа ресурсной и экологической эффективности, а также углеродоёмкости промышленности; (3) формирование Евразийского экспертного сообщества в области НДТ.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретическая значимость исследования определяется тем, что автором впервые разработана система экспертной оценки (включая принципы, алгоритм и критерии оценки) проектов эколого-технологической трансформации промышленности, направленных на повышение ресурсной и экологической эффективности, формирование экономики замкнутого цикла и снижение углеродоёмкости производства.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что её результаты использованы для формирования подходов к оценке (1) проектов программ повышения экологической эффективности, разрабатываемых российскими предприятиями, (2) заявок на комплексные экологические разрешения объектов негативного воздействия на окружающую среду и (3) конкурсному отбору проектов по внедрению НДТ, претендующих на государственную поддержку. Результаты работы нашли применение при подготовке проекта Концепции внедрения принципов зелёной экономики в ЕАЭС. Результаты также используются при проведении курсов повышения квалификации кадров в сфере НДТ на базе АНО «Союзэкспертиза».

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Классификация международных и национальных инструментов поддержки зелёных проектов, охватывающая таксономии, разработанные в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, государствах – членах БРИКС, ЕАЭС, Европейского союза (ЕС), Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР).

2. Алгоритм экспертной оценки проектов эколого-технологической трансформации промышленности в областях применения НДТ, предусматривающий применение актуализированного комплексного критерия ( $K = K_1 \wedge K_2 \wedge K_3$ ), учитывающего достижение

технологических показателей эмиссий ( $K_1$ ), показателей ресурсной эффективности ( $K_2$ ), а также выполнение дополнительных условий ( $K_3$ ), в том числе в сфере формирования экономики замкнутого цикла, восстановления экосистемных услуг, снижения углеродоёмкости производства и др.

3. Принципы формирования и функционирования экспертного сообщества в области НДТ: (1) открытость (обмен информацией, требованиями, методами с внешней средой); (2) использование информационно-технических справочников (ИТС) и показателей НДТ для выработки экспертных позиций; (3) применение комплексного критерия оценки проектов; (4) обеспечение высокого профессионального уровня и объективности экспертной оценки.

4. Результаты сравнительной экспертной оценки и дофинансового отбора проектов развития промышленности в государствах – членах ЕАЭС (производства строительных материалов и целлюлозно-бумажного производства) с применением предложенного алгоритма и комплексного критерия оценки.

5. Рекомендации по гармонизированному развитию концепции НДТ и модельной таксономии проектов эколого-технологической трансформации промышленности в областях применения наилучших доступных технологий в государствах – членах ЕАЭС, включающие (1) определение общих областей применения НДТ, представляющих интерес в контексте евразийской интеграции; (2) проведение сопоставительного анализа ресурсной и экологической эффективности, а также углеродоёмкости промышленности; (3) формирование Евразийского экспертного сообщества в области НДТ.

**Личный вклад автора.** Автором выполнен поиск и анализ литературных источников, информация которых положена в основу аналитического обзора, и предложена классификация инструментов поддержки зелёных проектов. Разработан алгоритм и актуализирован комплексный критерий экспертной оценки проектов, в рамках чего подготовлены национальные стандарты. Организована процедура сравнительной экспертной оценки и дофинансового отбора проектов развития промышленности и разработаны рекомендации по совершенствованию модельной таксономии зелёных проектов ЕАЭС. Автором выполнен анализ полученных результатов и подготовлены материалы для опубликования научных статей.

**Достоверность и обоснованность** результатов исследований, положений, выносимых на защиту, выводов и рекомендаций обеспечивается применением положений концепций устойчивого развития и НДТ, а также принципов разработки и реализации проектов эколого-технологической трансформации промышленности. Основные положения диссертационной работы прошли экспертную оценку отечественных и зарубежных учёных, были обсуждены на международных и всероссийских научных конференциях и использованы на практике.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертационного исследования обсуждены на XIX Международном конгрессе молодых учёных по химии и химической технологии и XV Международной научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития» (2023 г., г. Москва); XVII Международной научно-практической конференции «Глобальные вызовы и национальные экологические интересы: экономические и социальные аспекты» (2023 г., г. Новосибирск); Международной научно-практической конференции «Трансформация экономических процессов в условиях больших вызовов» (2023 г., г. Казань); Международной научно-практической конференции «Научно-технологическое и инновационное сотрудничество стран БРИКС» (2022 г., г. Москва); XI Международной научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме

мирового развития» (2022 г., г. Апатиты); XII Международном форуме «Экология» (2022 г., г. Москва); Евразийском деловом форуме «Интеграция» (2022 г., г. Москва); XV Международной научно-практической конференции «Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование» (2021 г., г. Красноярск); Международном экспертном семинаре «Чистая страна. Неверно оценивая нашу жизнь» (2020 г., г. Москва); серии экспертных семинаров «Инструменты поддержки внедрения НДТ в промышленности» (2019–2023 гг.).

**Публикации.** Основные положения диссертации отражены в 25 публикациях, в том числе, в 5 статьях в рецензируемых научных изданиях, включённых в международную базу цитирования Scopus, и 11 статьях в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК) при Минобрнауки России для опубликования основных результатов научных исследований. Все публикации в рецензируемых изданиях подготовлены в соавторстве.

**Объём и структура работы.** Диссертация изложена на 193 страницах, состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы, включающего 275 наименований (в том числе 84 на иностранных языках), трёх приложений, содержит 26 рисунков и 11 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность сформулированной и решённой научной проблемы, определены цель и задачи диссертационной работы, изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

**Первая глава** «Анализ международных и национальных принципов формирования систем поддержки проектов устойчивого развития» посвящена рассмотрению опыта разработки и реализации стратегий, политик, программ и проектов, направленных на достижение Целей устойчивого развития (ЦУР). Подчёркнуто, что к экологическим относят проекты, направленные на борьбу с изменением климата, формирование экономики замкнутого цикла, а также на сохранение природных экосистем. В 1980-е гг. термин «экологические» стал заменяться понятием «зелёные»: создавались специальные исследовательские группы, советы, программы. Наиболее заметной эта тенденция стала в сфере строительства (первый стандарт был выпущен в 1990 г.), химии (12 принципов зелёной химии были опубликованы в 1998 г.), экономике (эксперты ОЭСР разработали стратегию зелёного роста в 2011 г.).

Отмечено, что в опубликованном в 2022 г. международном стандарте *ISO 14030-3:2022* «Оценка экологической эффективности. Зелёные долговые инструменты. Часть 3: Таксономия» предложена классификация зелёных проектов, которые разделены на шесть приоритетных направлений: (1) сокращение выбросов парниковых газов и увеличение их поглощения; (2) адаптация к изменению климата; (3) сохранение и восстановление биоразнообразия и экосистем; (4) формирование экономики замкнутого цикла; (5) предотвращение и контроль загрязнения; (6) устойчивое управление и охрана водных ресурсов.

В соответствии с *ISO 14030-3:2022* основные принципы создания систем поддержки зелёных проектов включают: (1) принцип минимизации рисков для окружающей среды, естественных местообитаний, биоразнообразия, здоровья и благосостояния населения; (2) принцип доказательности и научной обоснованности, использования результатов научных исследований и экспертных оценок; (3) принцип обязательности оценки ожидаемых изменений по всем направлениям зелёных проектов при определении целей и задач конкретного проекта.

Приведены результаты анализа более 60 документов, устанавливающих требования к зелёным проектам в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, государствах – членах

БРИКС, ЕАЭС, ЕС, ОЭСР. Сформулированы принципы, которым следует бóльшая часть таксономий (см. таблицу 1). Таксономии классифицированы автором в соответствии с приоритетными целями (направлениями), принятыми в стандарте *ISO 14030-3:2022*.

Таблица 1 – Основные принципы таксономий и приоритетные направления реализации зелёных проектов

Принципы и направления зелёных проектов	Стандарт <i>ISO 14030-3:2022</i>	Международные и национальные таксономии	Российская таксономия зелёных проектов
Вклад в достижение ключевых экологических целей, установленных на национальном уровне	Позиция упоминается в рекомендациях к выбору отраслевых проектов	Учитываются во всех документах	Учитываются направления Стратегии низкоуглеродного развития (2021 г.) и Стратегии экологической безопасности РФ (2017 г.)
Минимизация рисков для окружающей среды, экосистем, биоразнообразия, здоровья и благосостояния населения	Проявляется в требованиях непричинения вреда ни по одному из приоритетных направлений реализации проектов	Чаще всего упоминается в преамбулах	Установлен распоряжением Правительства Российской Федерации от 14.07.2021 г. № 1912-р. Непричинение вреда – соответствие требованиям природоохранного законодательства
Научная обоснованность, использование результатов научных исследований и экспертных оценок	Результаты исследований в сфере управления климатическими рисками – основа для разработки мер адаптации	Многие таксономии опираются на результаты научных исследований Межправительственной группы экспертов по изменению климата	Таксономия разрабатывается и актуализируется при активном участии научно-исследовательских и экспертных организаций
Содействие сокращению выбросов и увеличению поглощения $CO_2$ , а также адаптации к изменению климата	Описаны два направления: сокращение выбросов и адаптация к изменению климата	Разделены направления, связанные с сокращением выбросов и адаптацией к изменению климата	Сокращение выбросов $CO_2$ – одно из приоритетных направлений. Ошибочно к адаптационным отнесены проекты модернизации ресурсоёмких отраслей промышленности
Вклад в предотвращение загрязнения окружающей среды, вызванного эмиссиями вредных веществ, типичных для экономики страны или региона	Предотвращение загрязнения и внедрение НДТ отнесены к основным направлениям реализации зелёных проектов	Предотвращение загрязнения присутствует практически во всех таксономиях как один из ключевых принципов	Технологические показатели НДТ, показатели ресурсной эффективности и индикативные показатели выбросов $CO_2$ – критерии отбора проектов в промышленности и энергетике
Содействие повышению устойчивости ключевых (системообразующих) отраслей экономики	Упомянут в преамбуле. Описаны подходы к оценке проектов в металлургии, производстве цемента, неорганических веществ и др.	Проявляется в определении приоритетных отраслей, однако такие приоритеты описаны не во всех таксономиях	Приоритетные отрасли промышленности – производство стали, алюминия, строительных материалов, целлюлозно-бумажное производство
Пересмотр таксономии и её доработка с учётом изменений международных и национальных стратегий	Последовательное улучшение – общий принцип стандартов <i>ISO</i> серии 14000	Прослеживается в таксономиях, которые были разработаны и приняты 5–7 лет назад	Российская таксономия выпущена в 2021 г. и усовершенствована в 2023 г.

Показано, что российская таксономия зелёных проектов в целом разработана в соответствии с указанными принципами. Значительную роль в таксономии играют проекты эколого-технологической трансформации промышленности путём внедрения НДТ. Однако принятое в 2021 г. решение об использовании в таксономии конкретных численных показателей



представляется нерациональным: часть значений взята из ИТС, разработанных и актуализированных в разные годы, другая часть – из документов ЕС, действие которых было прекращено в 2021 г., до утверждения таксономии РФ. Более логичным является подход 2023 г. (при формировании которого учтены результаты исследований автора), основанный на применении ссылок на отраслевые ИТС, в которых устанавливаются соответствующие показатели.

Таким образом, на основании результатов анализа подходов к разработке и реализации зелёных проектов установлено, что принципы повышения ресурсной эффективности и предотвращения НВОС являются системообразующими. Предложена классификация международных и национальных инструментов поддержки зелёных проектов, охватывающая таксономии проектов государств Азиатско-Тихоокеанского региона, государств – членов БРИКС, ЕАЭС, ЕС, ОЭСР. Классификация зарегистрирована в виде электронного ресурса (свидетельство о регистрации № 25181 от 08.08.2023 г.).

Во второй главе «Разработка алгоритма экспертной оценки проектов эколого-технологической трансформации промышленности и актуализация комплексного критерия оценки» приведены результаты анализа практики применения ИТС НДТ, которые с 2019 г. используются при разработке и оценке проектов программ повышения экологической эффективности (ППЭЭ) и заявок на получение комплексных экологических разрешений (КЭР) предприятий – объектов I категории НВОС. Оценивание проводится членами экспертного сообщества по НДТ, координацию деятельности которого осуществляет Бюро НДТ. В 2020 г. при участии автора исследования уточнён механизм принятия решений по заявкам на КЭР и проектам ППЭЭ на основе результатов экспертной оценки.

Отмечено, что проекты, претендующие на получение мер государственной поддержки, до последнего времени проходили оценку в различных организациях (Фонде «Сколково», региональных подразделениях Торгово-промышленной палаты, органах по сертификации и др.). В рамках проведения данного исследования проанализированы результаты оценки 54 проектов в 12 областях применения НДТ, получивших государственную поддержку в 2018–2021 гг. Выявлено, что для 14 проектов неверно определены ИТС НДТ. На реализацию оставшихся 40 проектов выделено льготное финансирование общей суммой в 15,02 млрд руб. (см. рисунок 1).

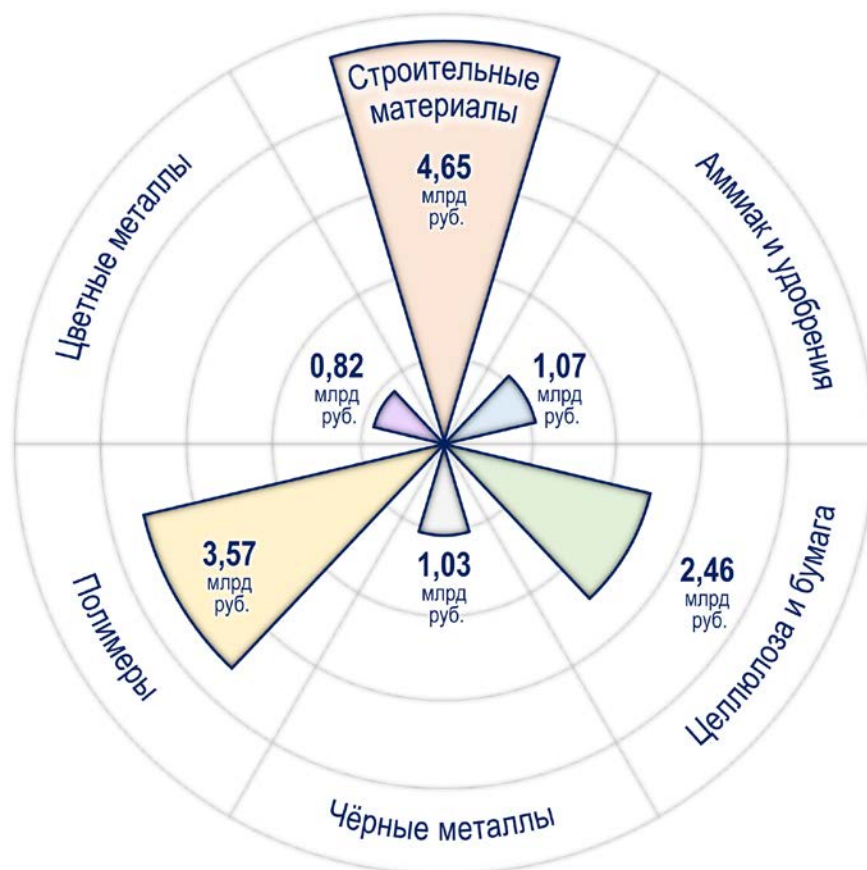


Рисунок 1 – Проекты в областях применения наилучших доступных технологий, получившие государственную поддержку

Установлено, что в ряде случаев поддержку получают проекты создания новых предприятий, ресурсная и экологическая эффективность которых не отвечает требованиям НДТ. Это приводит, с одной стороны, к нерациональному использованию природных ресурсов и росту НВОС, а с другой – к невозможности ввода в эксплуатацию вновь созданных объектов, для которых соответствие НДТ является обязательным требованием, установленным природоохранным законодательством.

Сделан вывод о том, что сфера применения ИТС НДТ в целом, а также технологических показателей и показателей ресурсной эффективности НДТ намного шире, чем экспертная оценка проектов ППЭЭ и заявок на КЭР.

Сведения, систематизированные в ИТС НДТ, доступны для представителей предприятий, разработчиков проектной документации и экспертов, что создаёт основу для повышения уровня обоснованности и прозрачности принятия решений о поддержке проектов эколого-технологической трансформации промышленных предприятий. Единую систему оценки зелёных проектов для всех областей применения НДТ целесообразно строить на основе опыта российского экспертного сообщества по НДТ. Практику экспертной оценки следует распространить на инвестиционные проекты, поддерживаемые в рамках реализации инструментов экономической, промышленной и энергетической политик (рисунок 2).

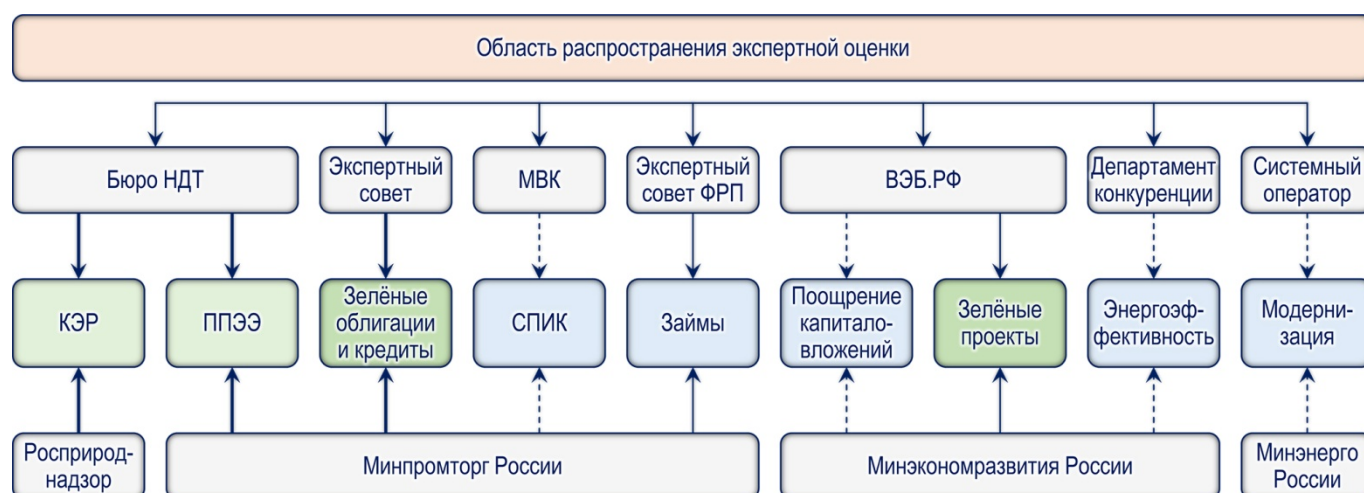


Рисунок 2 – Области применения экспертной оценки проектов эколого-технологической трансформации промышленности

Система экспертной оценки проектов должна включать инструменты добровольной (на этапе выбора технологических решений, разработки проектов и подготовки документации) и обязательной (на этапе рассмотрения проектов уполномоченными органами исполнительной власти, комиссиями, банками и пр.) оценки.

В 2021 г. для целей экспертной оценки зелёных проектов был предложен комплексный критерий  $K$ . В рамках данного исследования критерий  $K$ , представляющий собой предикат, актуализирован в виде:

$$K = K_1 \wedge K_2 \wedge K_3,$$

где  $K_1$  – достижение отраслевых технологических показателей (ТП) эмиссий;  $K_2$  – соблюдение показателей ресурсной эффективности (РЭ);  $K_3$  – выполнение дополнительных условий экспертной оценки, такие как аспекты снижения углеродоёмкости производства, формирования экономики замкнутого цикла и др.

Предлагаемый автором алгоритм экспертной оценки представлен на рисунке 3.

Подкритерий  $K_1$  представляет собой предикат и принимает значения либо 1, либо 0.

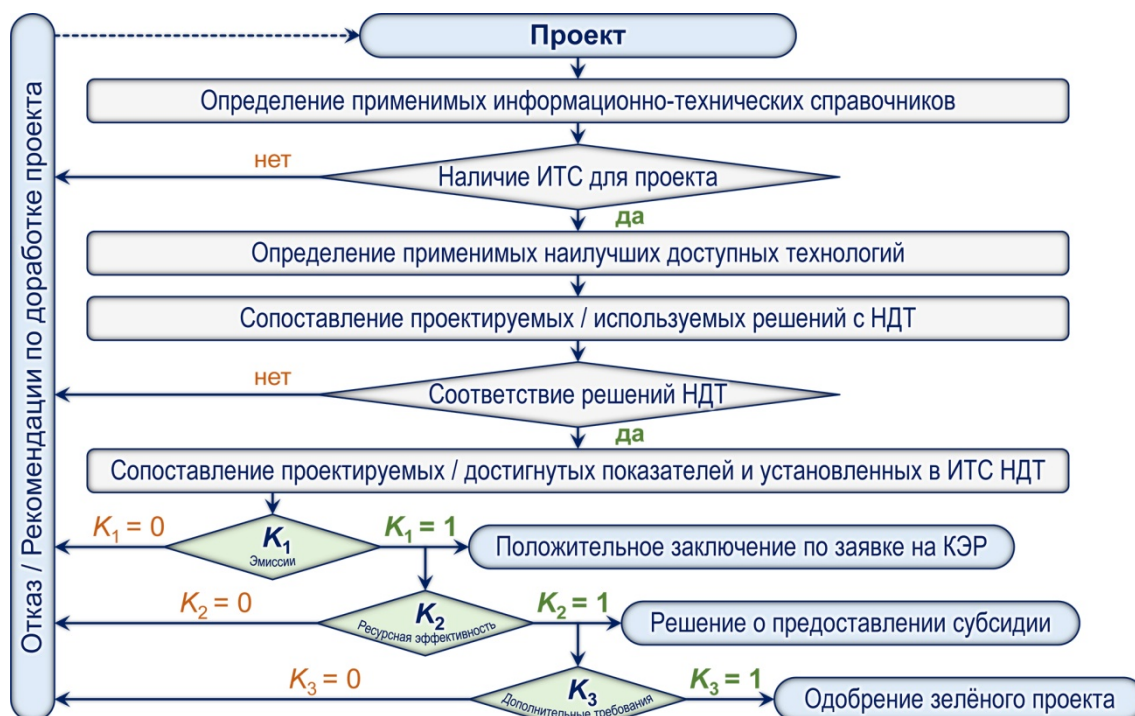


Рисунок 3 – Алгоритм экспертной оценки соответствия проектов наилучшим доступным технологиям

Достижение отраслевых технологических показателей НДТ является необходимым требованием для оценки всех проектов. Для принятия положительного решения о выдаче объекту НВОС комплексного экологического разрешения это условие ( $K_1 = 1$ ) является также достаточным.

Подкритерий  $K_2$  также представляет собой предикат и принимает значения либо 1, либо 0. При оценке проектов, направленных на внедрение НДТ и претендующих на получение субсидии из федерального бюджета, вторым необходимым и достаточным условием является достижение отраслевых показателей ресурсной эффективности, установленных в ИТС НДТ. То есть, для получения положительного заключения дофинансовой экспертной оценки проекта должны соблюдаться условия  $K_1 = 1$  и  $K_2 = 1$ .

В ходе оценки эксперты определяют, с помощью каких технологических и технических решений обеспечивается достижение заявленных (проектируемых) ТП НДТ и РЭ НДТ, и достаточны ли эти решения для обеспечения соответствия установленным требованиям НДТ. При оценивании эксперты используют информацию ИТС НДТ, а также других справочных документов и руководств, в которых содержатся сведения о наилучших доступных и перспективных технологиях (в том числе, получивших международное распространение).

Подкритерий  $K_3$  также является предикатом и определяется путём оценивания дополнительных характеристик проекта, как, например, снижение углеродоёмкости продукции, формирование экономики замкнутого цикла (вовлечение вторичных ресурсов в производство), восстановление экосистемных услуг и др.

Численные значения для аспектов формирования экономики замкнутого цикла или восстановления экосистемных услуг не установлены. Поэтому эксперты определяют, запланировано ли вовлечение вторичных ресурсов в производственный цикл, входят ли в спектр характеристик рассматриваемого проекта мероприятия по восстановлению ландшафтов, обводнению отработанных карьеров и др., – то есть, принадлежат ли проектные решения множеству решений, которые следует рассматривать как дополнительные экологические преимущества.

Для оценки аспектов сокращения углеродоёмкости в ряде отраслей можно использовать установленные в 2022 г. индикативные отраслевые показатели выбросов парниковых газов. Со временем для показателей углеродоёмкости можно будет распространить подход, аналогичный описанному для  $K_1$  и  $K_2$ . В таблице 2 приведены результаты апробации комплексного критерия на примере оценки проекта «Производство аммиака-2, Кингисепп».

Таблица 2 – Оценка соответствия проекта «Производство аммиака-2, Кингисепп» основным положениям стандарта *ISO 14030-3:2022*, комплексному критерию  $K$  и ИТС 2-2022 «Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот»

Основные позиции комплексного критерия $K = K_1 \wedge K_2 \wedge K_3$	Направления реализации проектов по <i>ISO 14030-3:2022</i>	Положения ИТС 2-2022	Характеристики проекта «Производство аммиака-2, Кингисепп»
$K_1$ – соответствие технологическим показателям эмиссий в областях применения НДТ	Предотвращение и контроль загрязнения (внедрение НДТ)	Технологические показатели выбросов: – азота диоксид и азота оксид суммарно ( $NO_x$ ) $\leq 0,400$ кг/т $NH_3$ ; – монооксид углерода ( $CO$ ) $\leq 0,780$ кг/т $NH_3$	В проекте запланированы показатели: – азота диоксид и азота оксид суммарно ( $NO_x$ ) $\leq 0,304$ кг/т $NH_3$ ; – монооксид углерода ( $CO$ ) $\leq 0,190$ кг/т $NH_3$
$K_2$ – соответствие показателям удельного потребления ресурсов в областях применения НДТ	Предотвращение и контроль загрязнения (внедрение НДТ)	Показатели потребления ресурсов, соответствующие НДТ для технологий <i>KBR</i> : – природный газ $\leq 640$ кг/т $NH_3$ ; – электроэнергия 20–180 кВт·ч/т $NH_3$ ; – подпиточная вода $\leq 4,6$ м <sup>3</sup> /т $NH_3$	Показатели проектируемой технологии <i>KBR Purifier</i> : – природный газ 610–615 кг/т $NH_3$ ; – азот 4,6–4,9 м <sup>3</sup> /т $NH_3$ ; – электроэнергия 40–42 кВт·ч/т $NH_3$ ; – подпиточная вода 3,9–4,0 м <sup>3</sup> /т $NH_3$
В рамках $K_2$ можно рассматривать аспекты управления водными ресурсами	Устойчивое управление и охрана водных ресурсов	Создание водооборотных циклов отнесено к НДТ производства аммиака	Для обеспечения производства водой для охлаждения оборудования проектируется водооборотный цикл
$K_3$ – сокращение выбросов $CO_2$	–	Удельные показатели выбросов парниковых газов для производства $NH_3$ – 1,850–2,517 т $CO_2$ -экв./т $NH_3$ Индикативный показатель удельных выбросов $CO_2$ – стимулирующий: 2,247 т $CO_2$ -экв./т $NH_3$ ; – ограничительный: 2,421 т $CO_2$ -экв./т $NH_3$	Расчётный показатель для проекта: – 2,355 т $CO_2$ -экв./т $NH_3$ Дальнейшее сокращение выбросов парниковых газов возможно в случае использования $CO_2$ для производства карбамида (планируется на той же производственной площадке)
В рамках $K_3$ могут быть рассмотрены аспекты формирования экономики замкнутого цикла	Формирование экономики замкнутого цикла	Создание водооборотных циклов отнесено к НДТ производства аммиака	Для обеспечения производства водой проектируется водооборотный цикл. Дальнейшие шаги могут включать создание производства карбамида и утилизацию $CO_2$ , образующегося в производстве аммиака
В рамках $K_3$ могут быть рассмотрены аспекты сохранения и восстановления биоразнообразия и экосистем	Сохранение и восстановление биоразнообразия и экосистем	Не рассматривается	Строительство на уже существующей производственной площадке способствует сохранению природных экосистем (принцип непричинения вреда)



В третьей главе «Экспертная оценка зелёных проектов развития промышленности государств – членов Евразийского экономического союза» приведены результаты сравнительного анализа проектов, разработанных в государствах – членах ЕАЭС и претендующих на получение статуса зелёных. В качестве пилотных выбраны ресурсоёмкие отрасли промышленности, относящиеся к областям применения НДТ в Белоруссии, Казахстане и России, а также включённые в число приоритетных направлений интеграции ЕАЭС: целлюлозно-бумажное производство и производство строительных материалов (рисунок 4). Кроме того, эти отрасли указаны как перспективные для реализации зелёных проектов в стандарте *ISO 14030-3:2022*.

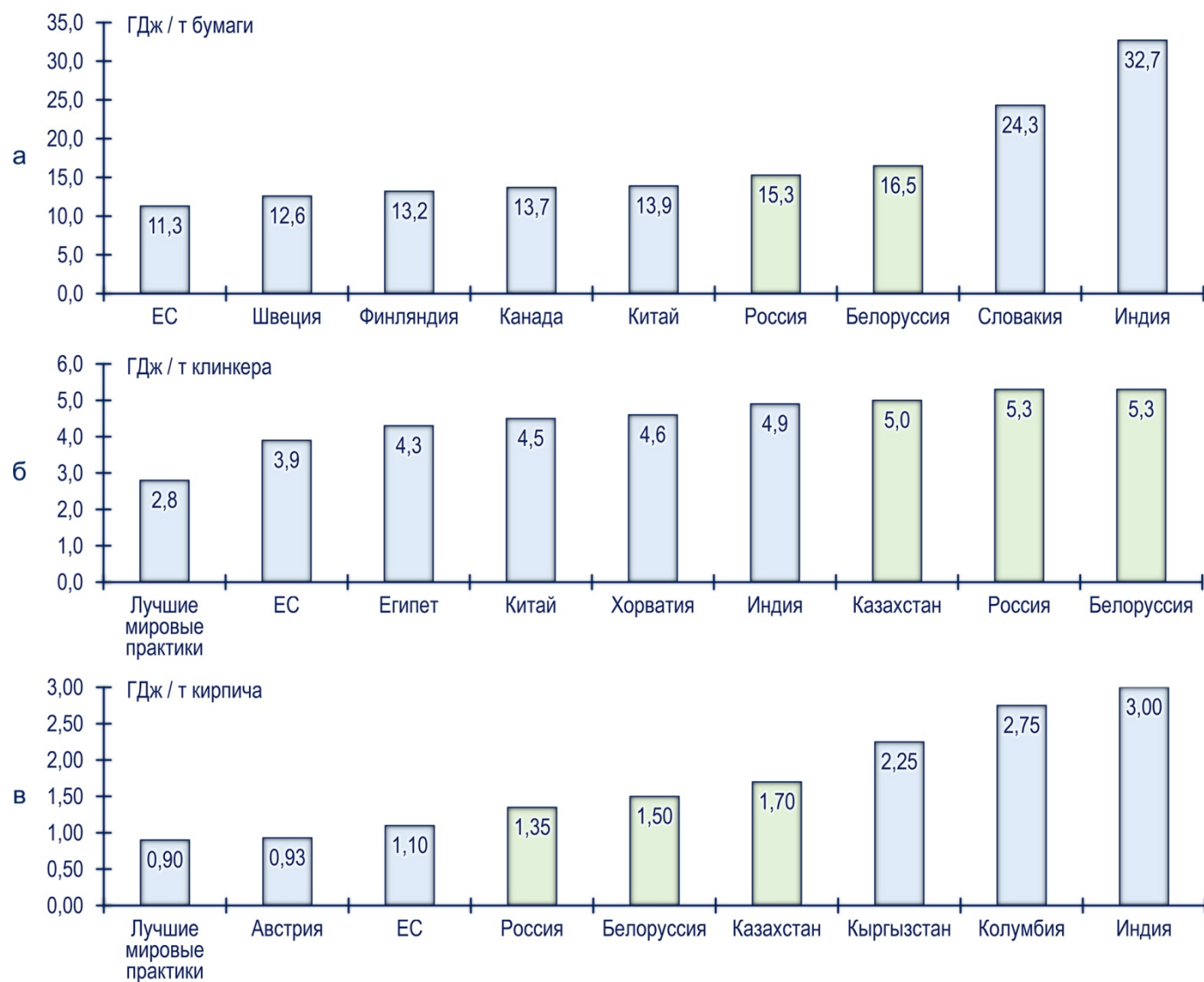


Рисунок 4 – Энергоёмкость (а) целлюлозно-бумажного производства, (б) производства цемента и (в) камня керамического в различных странах мира

### Экспертная оценка проектов развития целлюлозно-бумажных производств

Целлюлозно-бумажное производство (ЦБП) активно развивается в странах и регионах, богатых лесными ресурсами. Выбранные для сравнительной экспертной оценки проекты создания ЦБП разработаны для реализации в государствах – членах ЕАЭС (см. таблицу 3). В Белоруссии и России ЦБП отнесено к областям применения НДТ. Российский ИТС 1-2022 «Целлюлозно-бумажное производство» актуализирован в 2022 г., в нём установлены технологические показатели эмиссий, показатели ресурсной эффективности и описаны подходы к определению индикативных показателей выбросов  $CO_2$ .

Таблица 3 – Основные результаты экспертной оценки проектов создания предприятий целлюлозно-бумажной отрасли

Критерии оценки	Проект А	Проект В	Проект С	ИТС 1-2022
Производительность, тыс. т воздушно-сухой целлюлозы (в.с.ц.) в год	400	1200	1000	Распространяется на производство целлюлозы (любой мощности); бумаги и картона (с проектной мощностью $\geq 20$ т/сут.)
<b><math>K_1</math>: эмиссии</b>				
Состав отходящих газов, кг/т продукции				
Взвешенные вещества от содорегенерационного котла	1,8	1,8	1,9	$\leq 1,95$
Взвешенные вещества от известерегенерационной печи	0,5	0,6	0,6	$\leq 0,63$
Дурнопахнущие вещества (сероводород, метилмеркаптан, диметилсульфид, суммарно)	0,92	Полное дожигание, концентрации на границе промплощадки ниже предела обнаружения	Есть сведения об обращениях жителей, опасных для распространения дурных запахов	$\leq 0,96$
Объём и состав сточных вод				
Объём сточных вод, м <sup>3</sup> /т	140	120	130	100–150
ХПК, кг/т продукции	15	12	20	$\leq 30$
БПК <sub>п</sub> , кг/т продукции	1,00	0,80	1,20	$\leq 1,20$
$N_{общ.}$ , кг/т продукции	0,40	0,40	0,40	$\leq 0,40$
$P_{общ.}$ , кг/т продукции	0,03	0,03	0,04	$\leq 0,04$
Взвешенные вещества, кг/т продукции	1,90	1,75	1,80	$\leq 1,90$
АОХ, кг/т в.с.ц.	0,30	0,22	0,30	$\leq 0,40$
<b><math>K_2</math>: ресурсная эффективность</b>				
Древесно-подготовительный цех				
Сухая окорка	Применяется	Применяется	Применяется	Рекомендована
Потери годной хвойной древесины при подготовке щепы, %	$\leq 3,2$	$\leq 3,0$	–	Не установлены
Потери годной лиственной древесины при подготовке щепы, %	–	–	$\leq 3,5$	Не установлены
Варочный цех				
Степень делигнификации, ед. Каппа	30–35	30–35	16–18	Не установлены
Выход целлюлозы, %	46	54	46,5	Не установлены
Кислородно-щелочная делигнификация (КЩД):				
Степень делигнификации после КЩД, ед. Каппа	18–21	18–21	~7	Не установлена
Отбельный цех				
Схема отбелики ЕСF (без молекулярного хлора)	Применяется	Применяется	Применяется	Определена как НДТ
Выход белёной целлюлозы из 100 % небелёной сортированной целлюлозы, %	92,7	93,9	92,5	Не установлен
Удельное потребление энергетических ресурсов				
Расход свежей воды, м <sup>3</sup> /т в.с.ц.	60	55	60	40–100
Расход тепловой энергии, ГДж/т в.с.ц.	12	11	11	Не установлены
Расход электроэнергии, кВт·ч/т в.с.ц.	750	730	720	Не установлены

## Продолжение таблицы 3

Критерии оценки	Проект А	Проект В	Проект С	ИТС 1-2022
<i>K<sub>3</sub></i> : производство энергии из отходов и социально-экологическая ответственность				
Сжигание осадков сточных вод и кородревесных остатков для производства энергии	Планируется сжигание кородревесных остатков	Планируется	Планируется сжигание кородревесных остатков	Рекомендовано
Очистка сточных вод	Описана схема очистки сточных вод предприятия	Планируется совместная очистка производств. и хозяйств. сточных вод города	Описана схема очистки сточных вод предприятия	Обсуждается как возможный подход
Восстановление лесов	В соответствии с требованиями природоохранного законодательства	Запланировано создание питомника для выращивания <i>Pinus sylvestris</i>	В соответствии с требованиями природоохранного законодательства	Не обсуждается

Рассматриваемые проекты предусматривают строительство новых предприятий мощностью от 400 тыс. т до 1,2 млн т белой сульфатной целлюлозы в год; планируется использовать древесину хвойных (проекты А и В) и лиственных (проект С) пород. Сравнительная оценка проведена на основе разработанного алгоритма с использованием комплексного критерия К. При проведении оценки в технологической цепочке выделены 7 участков, на которых использование НДТ определяет уровни эмиссий загрязняющих веществ и ресурсную эффективность производства: (1) древесно-подготовительный цех, (2) варочный цех, (3) кислородно-щелочная делигнификация, (4) отбельный цех, (5) содорегенерационный котлоагрегат, (6) известерегенерационная печь, (7) сбор и сжигание дурнопахнущих газов.

Оценка выполнена на основе комплексного критерия К. Соответствие подкритерию  $K_1$  рассмотрено как достижение технологических показателей эмиссий, а  $K_2$  – показателей ресурсной эффективности, установленных в ИТС 1-2022. В рамках подкритерия  $K_3$  учтены аспекты социальной ответственности и сведения о производстве возобновляемой энергии (из осушенных осадков сточных вод и кородревесных остатков).

Решения, принятые для проектов А и В, подобны друг другу, однако проект В предусматривает также организацию очистки коммунальных сточных вод совместно с производственными на сооружениях создаваемого предприятия. Проекты А и В соответствуют подкритерию  $K_1$ , однако только в документации проекта В есть сведения о том, что дурнопахнущие газы, выделяющиеся на промплощадке, будут собираться и сжигаться. В части проекта С установлено, что в администрацию города (в ходе проведения обсуждения материалов оценки воздействия на окружающую среду) поступали обращения жителей, опасавшихся распространения дурных запахов. Однозначных сведений об ожидаемых концентрациях дурнопахнущих газов на границе санитарно-защитной зоны в документации проекта С нет. Следует сделать заключение о том, что проект нуждается в доработке.

В части соблюдения подкритерия  $K_2$  показатели проекта В следует считать лучшими в группе: он характеризуется наиболее высокой ресурсной эффективностью, в частности, наименьшими потерями годной древесины при окорке и наибольшим выходом целлюлозы в варочном цехе; также в проекте запланирован более высокий выход белой целлюлозы.

В части подкритерия  $K_3$  отметим: для получения энергии используются не только чёрный щёлок и кородревесные остатки, но и осушенный осадок очистки сточных вод. Также в документации проекта В приведены сведения о планируемых показателях

углеродоёмкости продукции и о повышении доли возобновляемой энергии за счёт сжигания осушенных осадков сточных вод.

Таким образом, в результате сравнительного анализа проектов установлено, что применение комплексного критерия  $K$  и отраслевого ИТС позволяет объективно оценить экологическую и ресурсную эффективность ЦБП, технологические и технические решения, а также дополнительные эффекты (формирование экономики замкнутого цикла и развитие социально-экологической ответственности бизнеса) и выбрать проект, обладающий конкурентными преимуществами. В данном случае это проект  $B$ , соответствующий приоритетным направлениям гармонизации правовых требований России и Белоруссии в сфере устойчивого развития и промышленной политики.

### **Экспертная оценка проектов развития цементных производств**

Производство цемента – отрасль, которая активно развивается в государствах – членах ЕАЭС. Предприятия последовательно модернизируются; новые производства проектируются с учётом опыта, накопленного на национальном и международном уровнях. В ряде государств производство цемента отнесено к областям применения НДТ; при этом российский ИТС 6-2022 «Производство цемента» – это наиболее глубоко проработанный справочник: наряду с технологическими показателями эмиссий в нём установлены показатели ресурсной эффективности и определены подходы к определению индикативных показателей выбросов  $CO_2$ .

Проанализированные проекты создания новых производств предусматривают строительство предприятий мощностью от 550 тыс. т до 2,0 млн т цементного клинкера в год; планируется использовать местные ресурсы полезных ископаемых (см. таблицу 4). Оценка проведена на основе разработанного алгоритма с использованием комплексного критерия  $K$ . Соответствие подкритерию  $K_1$  рассмотрено как обязательное достижение технологических показателей эмиссий, а  $K_2$  – показателей ресурсной эффективности, установленных в ИТС 6-2022. В рамках подкритерия  $K_3$  учтены аспекты формирования экономики замкнутого цикла и сокращения выбросов  $CO_2$ .

Результаты экспертной оценки свидетельствуют о том, что для реализации проекта  $F$  выбран мокрый способ производства цемента, значительно более энергоёмкий, чем сухой и комбинированный способы. Технологические решения, принятые для проектов  $D$  и  $E$ , подобны друг другу, однако проект  $D$  предусматривает использование технологии селективного некаталитического восстановления  $NO_x$  и установку системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ. В соответствии с требованиями законодательства РФ такие системы должны быть введены в строй в срок до 4 лет после получения КЭР объектами I категории НВОС. Для сокращения выбросов  $NO_x$  могут быть использованы различные решения.

В проанализированной документации проекта  $D$  присутствуют сведения о замене значительной доли сырьевых компонентов вторичными ресурсами (до 30 % в составе сырьевой муки). Вовлечение шлаков в процесс производства цемента позволяет снизить углеродоёмкость продукции, а также способствует восстановлению нарушенных ландшафтов и экосистемных услуг и предотвращению нерационального использования природных ресурсов ( $K_3$ ). В регионе расположения предприятия  $F$  такое решение также могло бы быть применено: в прошлые годы в результате деятельности предприятий чёрной металлургии в регионе накоплены многие миллионы тонн металлургических шлаков.



Таблица 4 – Основные результаты экспертной оценки проектов создания предприятий по производству цемента

Критерии оценки	Проект <i>D</i>	Проект <i>E</i>	Проект <i>F</i>	ИТС 6-2022
Производительность, тыс. т цементного клинкера в год	2000	1300	550	ИТС 6-2022 разработан для объектов, использующих вращающиеся печи производительностью > 500 т клинкера в сутки
<i>K<sub>1</sub>: эмиссии</i>				
Концентрация взвешенных веществ в отходящих газах, мг/м <sup>3</sup>	8	15	20	< 25
Способ сокращения выбросов взвешенных веществ	Рукавный фильтр	Электро-фильтр	Электро-фильтр	Применение современных электрофильтров или рукавных фильтров
Концентрация <i>CO</i> в отходящих газах, мг/м <sup>3</sup>	300	300	450	< 500
Концентрация <i>NO<sub>x</sub></i> в отходящих газах, мг/м <sup>3</sup>	400	600	650	< 500
Способы сокращения выбросов <i>NO<sub>x</sub></i>	Применяется	Применяется	Применяется	Оптимизация процесса обжига клинкера
	Применяются	Применяются	Применяются	Применение горелок с низким выделением <i>NO<sub>x</sub></i>
	Применяется	Не применяется	Не применяется	Применение технологии селективного некаталитического восстановления <i>NO<sub>x</sub></i>
<i>K<sub>2</sub>: ресурсная эффективность</i>				
Способ производства	Сухой	Сухой	Мокрый	Рекомендован сухой
Удельный расход тепла на обжиг клинкера, ГДж/т	3,3	3,7	6,2	– Для заводов сухого способа производства 3,0–4,12 – Для заводов мокрого способа производства 5,4–6,45
Рекуперация тепла	Применяется	Применяется	Применяется	Рекуперация избытка тепла из печной системы для сушки сырьевых материалов
Удельный расход электроэнергии на производство 1 т портландцемента, кВт·ч/т	120	130	125	110–140
<i>K<sub>3</sub>: формирование экономики замкнутого цикла</i>				
Использование альтернативного топлива ( <i>RDF</i> )	Планируется	Не планируется	Не планируется	Использование альтернативного топлива (топлива из отходов) отнесено к НДТ
Использование металлургических шлаков	Планируется (до 30 % масс. в составе сырьевой муки)	Не планируется	Не планируется	Замена части сырьевых материалов отходами (материалами из отходов) отнесено к НДТ
Ограничение выбросов парниковых газов	Сухой способ пр-ва и замена части сырья шлаками позволяют сократить выбросы до 0,5–0,7 т <i>CO<sub>2</sub></i> -экв./т клинкера	Сухой способ пр-ва позволяет ограничить выбросы до 0,8–0,9 т <i>CO<sub>2</sub></i> -экв./т клинкера	Способ пр-ва – мокрый, «энергетические» выбросы <i>CO<sub>2</sub></i> максимальны	Предполагается, что индикативные отраслевые показатели выбросов парниковых газов будут установлены в 2023 г.

В документации проектов *D* и *E* есть упоминание о том, что потребление природного газа может быть снижено за счёт использования альтернативного топлива, полученного из отходов (однако при этом расширится перечень маркерных веществ и изменятся требования

к производственному экологическому контролю). Использование вторичных ресурсов имеет значимость в контексте выполнения федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», а также реализации Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем парниковых газов. Аналогичная стратегия принята в Республике Казахстан и разрабатывается в Республике Беларусь.

Таким образом, проект *D* обладает преимуществами с точки зрения экологической и ресурсной эффективности; в случае использования альтернативного топлива и частичной замены сырья металлургическими шлаками его реализация внесёт вклад в достижение цели устойчивого развития ЦУР 12 «Ответственное потребление и производство» и ЦУР 13 «Борьба с изменением климата». Проект *D* соответствует приоритетным направлениям зелёных инвестиций Евразийского банка развития, а также основным требованиям государственных инструментов поддержки инвестиционных проектов по внедрению НДТ в России.

Аналогичным образом проведена сравнительная оценка проектов производства поризованных керамических блоков и пустотелого кирпича. Показано, что реализация проектов в этой сфере будет способствовать повышению энергоэффективности не только на этапе производства продукции, но и в процессе эксплуатации зданий. Выдвинуто предложение о включении требования соответствия НДТ в национальный стандарт Российской Федерации по ответственному выбору поставщиков строительных материалов, который разрабатывается в порядке методической поддержки системы стандартов в сфере зелёного строительства.

#### **Развитие принципов наилучших доступных технологий и совершенствование таксономии зелёных проектов Евразийского экономического союза**

Работа над созданием Концепции внедрения принципов зелёной экономики в ЕАЭС ведётся под руководством академика РАН С. Ю. Глазьева с 2021 г. В рамках выполнения диссертационного исследования автором предложено в число основных принципов зелёной интеграции включить повышение ресурсной эффективности экономики и внедрение НДТ.

В 2022 г. была одобрена модельная таксономия зелёных проектов ЕАЭС. Общие направления реализации проектов охватывают энергетику, строительство, водоснабжение и водоотведение, обращение с отходами и охрану биоразнообразия. ЦБП с утилизацией макулатуры является единственной упомянутой в общей части документа отраслью промышленности. Разделы, отражающие страновую специфику, подготовлены с учётом особенностей экологического и климатического регулирования в Казахстане и России. Как и в таксономии РФ, опубликованной в 2021 г., в обсуждаемом документе использованы конкретные численные показатели выбросов  $CO_2$ , установленные официальными документами ЕС, действие которых было прекращено в 2021 г. Совершенствовать модельную таксономию целесообразно с учётом подходов *ISO 14030-3:2022*, отказавшись от конкретных численных показателей. Ядром таксономии должны стать принципы повышения ресурсной эффективности экономики и внедрения НДТ, соблюдение которых позволит снизить НВОС и выбросы  $CO_2$  (рисунок 4).

Такое решение будет способствовать расширению спектра зелёных проектов, учёту приоритетных направлений интеграции и интересов государств – членов ЕАЭС. Для гармонизации инструментов поддержки зелёных проектов целесообразно разработать межгосударственные стандарты методического характера в сфере НДТ, а также провести сопоставительный анализ экологической и ресурсной эффективности ключевых отраслей промышленности.

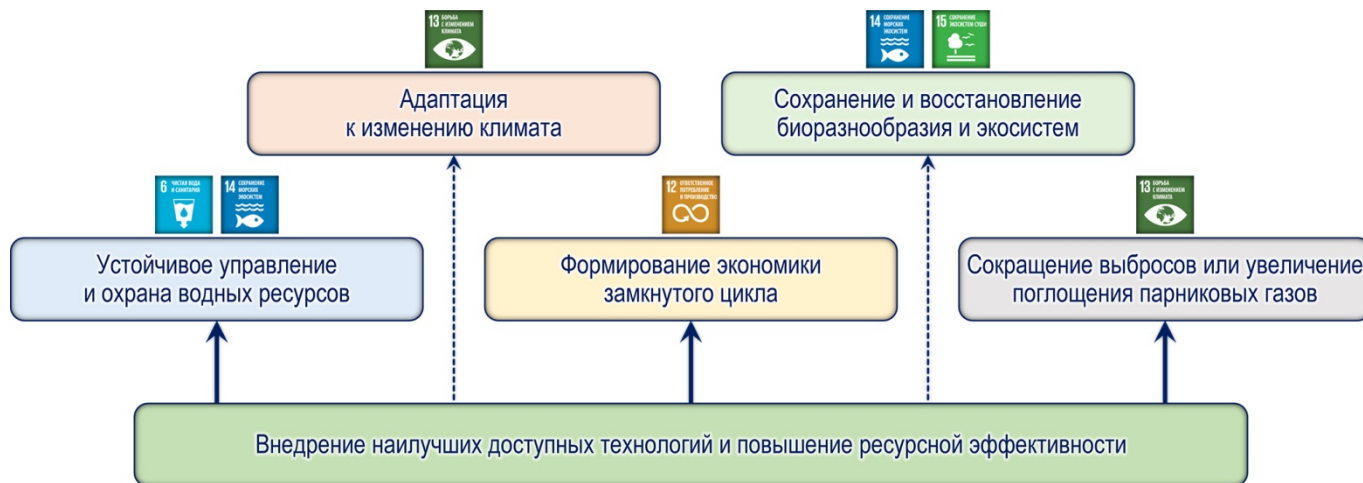


Рисунок 4 – Основные направления зелёных проектов Евразийского экономического союза

Учитывая приоритетные направления интеграции, а также роль российских экспертов в подготовке справочников по НДТ в Белоруссии и Казахстане, логичным шагом представляется формирование единого экспертного сообщества ЕАЭС в таких отраслях, как металлургия, химическая промышленность, теплоэнергетика, производство строительных материалов и др. При этом зелёные проекты, выполняемые в сотрудничестве государствами – участниками ЕАЭС, могли бы проходить экспертную оценку на основе гармонизированных принципов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате решения задач исследования разработана система экспертной оценки проектов трансформации промышленности, направленных на повышение ресурсной и экологической эффективности, а также сокращение углеродоёмкости производства и формирование экономики замкнутого цикла.

### Выводы:

1. Выполнен анализ механизмов, обеспечивающих разработку и внедрение проектов устойчивого развития и предложена классификация международных и национальных инструментов поддержки зелёных проектов, охватывающая таксономии государств Азиатско-Тихоокеанского региона, государств – членов БРИКС, ЕАЭС, ЕС и ОЭСР. Показано, что применительно к развитию промышленности все таксономии подготовлены с учётом принципа предотвращения НВОС; в юрисдикциях, где применяется концепция наилучших доступных технологий, – с учётом требований НДТ.

2. Разработан алгоритм экспертной оценки проектов эколого-технологической трансформации промышленности в областях применения НДТ и актуализирован комплексный критерий оценки. Показано, что такой подход позволяет оценивать проектные технологические и технические решения, учитывать достижение технологических показателей эмиссий ( $K_1$ ); показателей ресурсной эффективности ( $K_2$ ) и выполнение дополнительных условий ( $K_3$ ) в области снижения углеродоёмкости производства, формирования экономики замкнутого цикла, восстановления экосистемных услуг и др.

3. Обоснованы принципы формирования и функционирования экспертного сообщества в области НДТ: (1) открытость (обмен информацией, требованиями и участниками экспертной оценки с внешней средой); (2) использование информационно-технических справочников и показателей НДТ для выработки экспертных позиций; (3) применение комплексного критерия

оценки для формирования экспертных позиций; (4) обеспечение высокого профессионального уровня и объективности экспертной оценки. Разработаны ГОСТ Р 113.00.06-2020 «Наилучшие доступные технологии. Порядок отбора и назначения экспертов для определения соответствия наилучшим доступным технологиям. Общие требования» и ПНСТ 823-2023 «Наилучшие доступные технологии. Добровольная экспертная оценка. Методические рекомендации по порядку проведения».

4. На основании результатов сравнительного анализа проектов развития промышленности, разработанных в государствах – членах ЕАЭС, показано, что экспертная оценка с применением предложенного алгоритма и комплексного критерия *K* позволяет провести обоснованный отбор проектов, обеспечивающих высокую ресурсную и экологическую эффективность производства в областях применения НДТ (целлюлозно-бумажная промышленность и производство строительных материалов). Для каждой группы проектов определены критически важные показатели, характеризующие (1) аспекты воздействия на атмосферный воздух и водные системы; (2) полноту использования сырья; (3) эффективность использования энергии; (4) возможности формирования экономики замкнутого цикла, сокращения выбросов парниковых газов, развития социально-экологической ответственности бизнеса.

5. Разработаны рекомендации по совершенствованию Евразийской таксономии и принципов отбора проектов эколого-технологической трансформации промышленности в государствах – членах ЕАЭС, включающие (1) определение общих областей применения НДТ, представляющих интерес в контексте евразийской интеграции; (2) проведение сопоставительного анализа ресурсной и экологической эффективности, а также углеродоёмкости приоритетных отраслей промышленности; (3) формирование Евразийского экспертного сообщества в области НДТ. Рекомендации нашли применение при подготовке проекта Концепции внедрения принципов зелёной экономики в ЕАЭС.

Перспективным направлением развития исследований может стать разработка обоснования, необходимого для создания серии межгосударственных стандартов, содержащих методические рекомендации по определению НДТ и отбору проектов развития промышленности, направленных на повышение ресурсной и экологической эффективности производства.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России,  
и в рецензируемых научных изданиях, включённых в базу цитирования Scopus**

1. Guseva T., Panova S., Tikhonova I., **Volosatova A.**, Bhimani C. C. Resource Efficiency Enhancement as a Common Background for Green Taxonomies of BRICS Countries // Proceedings of the 23<sup>rd</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2023. – 2023. – Vol. 23. – Is. 5.1. – P. 215–221. – DOI: 10.5593/sgem2023/5.1/s20.27.
2. **Волосатова А. А.**, Тихонова И. О., Гусева Т. В. Разработка системы экспертной оценки проектов эколого-технологической модернизации промышленности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2023. – № 4. – С. 154–162. – DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-154-162.
3. Тихонова И. О., Потапова Е. Н., **Волосатова А. А.**, Гусева Т. В. Использование металлургических шлаков в производстве строительных материалов как направление формирования экономики замкнутого цикла // Чёрные металлы. – 2023. – № 8. – С. 69–73. – DOI: 10.17580/chm.2023.08.12.

4. Потапова Е. Н., Гусева Т. В., **Волосатова А. А.**, Аверочкин Е. М. Критерии экспертной оценки ответственных поставщиков строительных материалов // Стандарты и качество. – 2023. – № 9 (1035). – С. 34–38. – DOI: 10.35400/0038-9692-2023-9-94-23.
5. Morokishko V. V., **Volosatova A. A.**, Ijina V. I. et al. Applying Best Available Techniques and Best Environmental Practices to Preserve Ecosystem Services // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – P. 012012. – DOI: 10.1088/1755-1315/1061/1/012012.
6. Гусева Т. В., **Волосатова А. А.**, Тихонова И. О. Направления совершенствования таксономии зелёных проектов для устойчивого развития промышленности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2022. – Т. 24. – № 5 (109). – С. 28–35. – DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-5-28-35.
7. **Волосатова А. А.**, Ученев А. А., Скобелев Д. О. Формирование концепции внедрения принципов зеленой экономики в Евразийском экономическом союзе: роль гармонизации подходов к повышению ресурсной эффективности // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14. – № 4. – URL: <https://esj.today/PDF/23ECVN422.pdf>.
8. **Волосатова А. А.**, Гусева Т. В., Скобелев Д. О. Добровольная экспертная оценка соответствия российских предприятий требованиям наилучших доступных технологий // Компетентность. – 2022. – № 7. – С. 14–20. – DOI: 10.24412/1993-8780-2022-7-14-20.
9. 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. – Т. 14. – № 2. – URL: <https://esj.today/PDF/36ECVN222.pdf>.
10. **Волосатова А. А.**, Пятница А. А., Гусева Т. В., Алмгрен Р. Наилучшие доступные технологии как универсальный инструмент совершенствования государственных политик // Экономика устойчивого развития. – 2021. – № 4 (48). – С. 17–23.
11. **Volosatova A.**, Morokishko V., Begak M. Environmental Performance Enhancement Programme as an Environmental Management Instrument for Industrial Enterprises // Proceedings of the 8<sup>th</sup> SWS International Scientific Conference on Social Sciences – ISCSS 2021. – 2021. – Vol. 8. – Is. 1. – P. 173–178. – DOI: 10.35603/sws.iscss.2021/s04.16.
12. Skobelev D., **Volosatova A.** Enhancing Resource Efficiency and Recycling Secondary Resources to Achieve Sustainable Development Goals: a View from Russia // Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021. – 2021. – Vol. 21. – Is. 4.2. – P. 43–54. – DOI: 10.5593/sgem2021/V/4.2/s18.05.
13. Скобелев Д. О., **Волосатова А. А.** Разработка научного обоснования системы критериев зелёного финансирования проектов, направленных на технологическое обновление российской промышленности // Экономика устойчивого развития. – 2021. – № 1 (45). – С. 181–188.
14. **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. – DOI: 10.24411/1993-8780-2020-1-01-04.
15. **Волосатова А. А.**, Гревцов О. В., Жукова О. Ю., Волосатова М. А. Роль и значение экспертных сообществ в процессе принятия управленческих решений: сравнительный анализ национального и международного опыта // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – URL: <https://esj.today/PDF/19ECVN520.pdf>.
16. **Волосатова А. А.**, Курошев И. С., Ежова О. С. Обзор нормативной правовой базы в области наилучших доступных технологий. Справочники НДТ для горнодобывающей промышленности // Рациональное освоение недр. – 2019. – № 5. – С. 16–22. – DOI: 10.26121/RON.2019.59.38.011.

**Статьи в других научных изданиях и тезисы докладов**

1. Аверочкин Е. М., **Волосатова А. А.**, Потапова Е. Н. Ответственный выбор поставщиков строительных материалов // *Успехи в химии и химической технологии. Труды XIX Межд. конгресса молодых учёных по химии и химической технологии – МКХТ-2023.* – Москва, 2023. – Т. 37. – № 5 (267). – С. 115–117.
2. **Волосатова А. А.**, Тихонова И. О. Система и критерии оценки проектов эколого-технологической модернизации промышленности // *Труды XVII Межд. научно-практ. конф. «Глобальные вызовы и национальные экологические интересы: экономические и социальные аспекты».* – Новосибирск, 2023. – С. 388–394.
3. **Волосатова А. А.**, Тихонова И. О. Вклад проектов эколого-технологической модернизации промышленности на основе наилучших доступных технологий в достижение целей устойчивого развития // *Труды XV Межд. научно-практ. конф. «Образование и наука для устойчивого развития».* – Москва, 2023. – С. 193–195.
4. Гусева Т. В., **Волосатова А. А.** ESG-повестка как движущая сила развития промышленности // *Труды Межд. научно-практ. конф. «Трансформация экономических процессов в условиях больших вызовов».* – Казань, 2023. – С. 16–23.
5. **Волосатова А. А.**, Гусева Т. В., Скобелев Д. О. Повышение ресурсной эффективности экономики как приоритет и стратегическая область научно-технологического сотрудничества стран БРИКС // *Труды Межд. научно-практ. конф. «Научно-технологическое и инновационное сотрудничество стран БРИКС-2022».* – Москва : ИНИОН, 2023. – Т. 1. – С. 53–58.
6. **Волосатова А. А.**, Гусева Т. В. Возможности гармонизации подходов государств – членов ЕАЭС к проектам зелёного развития промышленности // *Труды XI Межд. научно-практ. конф. «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития».* – Апатиты, 2022. – С. 13–14.
7. **Волосатова А. А.** Развитие системы критериев таксономии зелёных проектов модернизации промышленных предприятий // *Труды XII Межд. форума «Экология».* – Москва, 2022. – С. 11–17.
8. **Волосатова А. А.**, Скобелев Д. О. Подходы к установлению критериев дофинансовой оценки зелёных проектов в России // *Труды XVI Межд. научно-практ. конф. «Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование».* – Красноярск, 2021. – С. 34–36.
9. **Волосатова А. А.**, Гусева Т. В. Повышение ресурсной эффективности производства и сохранение экосистемных услуг охраняемых природных территорий Мещёры // *Труды Межд. экспертного семинара «Чистая страна. Неверно оценивая нашу жизнь».* – Москва, 2020. – С. 23–27.