

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»

На правах рукописи



Марьев Владимир Александрович

**СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНОГО РЕЗИНОВОГО СЫРЬЯ
В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОТЕХНОПАРКОВ**

1.5.15. Экология

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
профессор Л.А. Николаева

Казань – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 УТИЛИЗАЦИЯ ВТОРИЧНОГО РЕЗИНОВОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОТЕХНОПАРКОВ	12
1.1 Определение термина «экотехнопарк» и классификация экотехнопарков. 12	12
1.2 Процессы создания экотехнопарков.....	22
1.3 Фазы развития экотехнопарка и его основные участники.....	24
1.4 Общие принципы создания экотехнопарка	25
1.5 Выбор участка (участков) размещения экотехнопарка.....	27
1.6 Определение основных заинтересованных сторон и их функций	29
1.7 Вопросы регулирования и подходы к стимулированию развития экотехнопарков.....	30
1.8 Привлечение компаний в экотехнопарк на основе анализа обмена ресурсами	32
1.9 Основные преимущества концепции экотехнопарков	35
1.10 Основные барьеры (риски) реализации концепции экотехнопарков	37
1.11 Категории технологий, поддерживающих развитие экотехнопарков	38
1.12 Факторы, влияющие на успешное развитие экотехнопарков	39
1.13 Примеры создания и развития экотехнопарков в мире	40
1.14 Технологии восстановления, переработки, повторного использования и замещения природных ресурсов вторичными ресурсами (отходами)	51
1.15 Проблема образования резиносодержащих отходов. Загрязнение территорий и земельных участков.....	52
1.16 Экологические аспекты накопления изношенных шин и резиносодержащих отходов	56
1.17 Технологии переработки изношенных шин	58
1.18 Применение резиновой крошки в дорожном строительстве	61
ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ЭКОТЕХНОПАРКОВ	70

2.1 Научно-методические принципы проектирования, создания и эксплуатации экотехнопарков	70
2.2 Основные положения	72
2.3 Участники экотехнопарка и требования к ним	76
2.4 Порядок создания экотехнопарков	78
2.5 Порядок эксплуатации объектов экотехнопарка.....	83
2.6 Природоохранные требования к экотехнопаркам.....	84
2.7 Обязательные требования к концепции создания экотехнопарка.....	87
2.8 Сводный реестр экотехнопарков	88
2.9 Определение экотехнопарка на принципах промышленного симбиоза для условий Российской Федерации	90
2.10 Разработка перспективной схемы экотехнопарка Нижнекамского промышленного узла	93
ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	
3.1 Характеристика используемых материалов	106
3.2 Определение основных физико-механических свойств резинобитумной композиции	109
3.3 Методы статистической обработки результатов.....	112
ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОСТАБИЛЬНОЙ РЕЗИНОБИТУМНОЙ КОМПОЗИЦИИ.....	
4.2 Анализ результатов исследований резинобитумного вяжущего с комплексным модификатором асфальтобетона.....	117
4.3 Выводы по результатам исследований резинобитумных композиций с комплексным модификатором асфальтобетона.....	122
4.4 Разработка технологии термостабильной резинобитумной композиции..	123
ГЛАВА 5 РАСЧЕТ ПРЕДОТВРАЩЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕДА И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ РЕЗИНОБИТУМНОЙ КОМПОЗИЦИИ	
	141

5.1 Расчёт инвестиционных затрат на оборудование по приготовлению резинобитумной композиции.....	141
5.2 Расчет себестоимости изготовления резинобитумной композиции	143
5.3 Расчёт необходимых средств для оплаты потребляемой электроэнергии	145
5.4 Расчет размера экологического вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды.....	147
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	156
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	158
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	159
ПРИЛОЖЕНИЕ А	175
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	176
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	177
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	178
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	179
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	180
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	181
ПРИЛОЖЕНИЕ З.....	182

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Развитие экономики ведёт к росту промышленного производства и, как следствие, к увеличению объёмов образования и накопления отходов. Решением этой проблемы, как показывает мировая практика, может стать переход к экономике замкнутого цикла, в основе которой лежат максимальное вовлечение в хозяйственный оборот вторичных ресурсов и реализация государством политики ресурсосбережения. В России вопросы повышения ресурсной эффективности экономики и возврат отходов в производственные процессы рассматриваются в качестве ключевых направлений экологической промышленной политики страны.

С 1 января 2025 года в рамках Национального проекта «Экологическое благополучие» Правительством Российской Федерации реализуется Федеральный проект «Экономика замкнутого цикла», который призван сыграть важнейшую роль как в части снижения негативного воздействия на окружающую среду, так и в достижении целей ресурсосбережения в ходе реализации инфраструктурных проектов. Базовыми элементами таких проектов в регионах должны стать экотехнопарки.

Главной задачей экотехнопарков является выпуск продукции и оказание услуг с использованием вторичных ресурсов. В качестве примера такой продукции являются строительные материалы с использованием вторичного резинового сырья, полученного в процессе утилизации отходов предприятий Нижнекамского промышленного узла Республики Татарстан.

На территории Нижнекамского промышленного узла, согласно данным 2 ТП-отходы, ежегодно образуется от 2700 до 3000 тонн отходов производства шин, изношенных шин и отходов резинотехнических изделий (РТИ). Эти отходы относятся к IV классу опасности, поэтому их переработка имеет важное экологическое значение.

Таким образом, комплексный подход к утилизации изношенных шин и резиносодержащих отходов производства с получением готовой продукции на основе вторичного резинового сырья является актуальным при создании экотехнопарков, что снижает антропогенное воздействие на окружающую среду.

Степень разработанности. Исследования в области организации и функционирования экотехнопарков проводили Chertow M.R., Lowe E.A., Côté R., Manahan S.E., Martin S.A., Fleig A.-K., Korhonen J., Meiji Sato, Amani Maalouf. Анализ зарубежного опыта создания и функционирования экотехнопарков показывает, что реализация принципов промышленного симбиоза является единственно возможным эффективным подходом в сфере обращения с отходами, при котором учитываются технический, экономический, экологический, социальный и логистический аспекты с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду.

В Российской Федерации исследования в области обоснования подходов к созданию экотехнопарков проводились Е.П. Волынкиной, Т.С. Смирновой. А.М. Гонопольским, в настоящее время отсутствуют научно-методические подходы к созданию экотехнопарков. Разработанный автором подход к организации экотехнопарка на принципах промышленного симбиоза рассмотрен на примере Нижнекамского промышленного узла (Нижнекамской агломерации) в Республике Татарстан. В качестве примера комплексной утилизации однородных отходов в экотехнопарке приведены изношенные шины и отходы РТИ с выпуском продукции для применения в дорожном строительстве.

Цель работы: разработка способа утилизации вторичного резинового сырья в спланированном экотехнопарке для применения в качестве экологически безопасного материала в дорожном строительстве.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие **задачи:**

1. Сформулировать принципы функционирования и эксплуатации экотехнопарков на примере Нижнекамского промышленного узла в Республике Татарстан.
2. Разработать технологию получения резинобитумной композиции (РБК) на основе резиновой крошки (РК) для применения в дорожном строительстве для снижения негативного воздействия резиносодержащих отходов (IV класс опасности) на окружающую среду.

3. Разработать принципиальную технологическую схему производства РБК. Произвести расчет средней стоимости производства РБК в зависимости от рецептуры вторичного резинового сырья.

4. Рассчитать предотвращенный экологический вред и экономический эффект при внедрении разработанной технологии производства РБК.

Исследование соответствует пункту 5 паспорта научной специальности 1.5.15. Экология (отрасль науки – технические): «Разработка экологически безопасных технологий и материалов, процессов подготовки и повышения качества продукции, утилизации промышленных отходов».

Научная новизна:

1. Разработан механизм функционирования экотехнопарков на основе принципов промышленного симбиоза для снижения негативного воздействия на окружающую среду за счёт ликвидации полигонного захоронения, утилизации отходов и вторичных ресурсов в готовой продукции для дорожного строительства.

2. Разработана технология получения РБК на основе вторичного резинового сырья при соотношении компонентов: РК 14,8 % (масс.); ряд парабановых кислот и их производных 2 % (масс.); битум 83,2 % (масс.), которая позволяет получить РБК, по сравнению с контрольным образцом, не модифицированным парабановыми кислотами, с устойчивостью к расслоению более чем в 3 раза; повышаются температура размягчения в 2,1 раза, эластичность в 19 раз, растяжимость при 0 °С в 1,5 раза, снижается температура хрупкости в 1,3 раза.

Теоретическая и практическая значимость работы:

Теоретическая значимость проведенного исследования заключается в том, что автором сформирован научно-методический подход к организации экотехнопарков на принципах промышленного симбиоза для условий Российской Федерации. Проведены исследования и получили существенное дополнение разработки экологически безопасных технологий и материалов утилизации изношенных шин и отходов РТИ в условиях организации экотехнопарков.

Практическая значимость полученных результатов исследования заключается в том, что:

1. На основе разработанного научно-методического подхода формирования экотехнопарков внесены предложения и утверждены нормативные правовые акты Российской Федерации, касающиеся принципов создания и эксплуатации экотехнопарков - Постановления Правительства РФ от 04 июля 2022 г. № 1202, и от 07 июля 2022 г. № 1216 (Отчёты о научно-исследовательской работе (НИР), Приложения А, Б; Ходатайство о награждении Марьева В.А. почетной грамотой Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Приложение В).

2. С учётом сформулированного комплексного подхода к созданию экотехнопарков предложен к реализации алгоритм организации экотехнопарка в Нижнекамском промышленном узле Республики Татарстан, объединяющего предприятия, относящиеся к различным отраслям промышленности, и объекты коммунальной сферы.

3. Получен патент на изобретение «Битумно-резиновая композиция и способ ее получения» (Приложение Г) и зарегистрирован торговый знак «БРИТ» (Приложение Д).

4. Разработанные в ходе подготовки диссертации перечень необходимого оборудования, производственно-технологический процесс, технологическая схема производства, а также осуществлённый расчёт экономической эффективности позволяют организовать промышленное производство конкурентоспособных резинобитумных мастик.

5. Резинобитумные мастики и дорожные вяжущие марки «БРИТ-И» применялись при устройстве гидроизоляции и деформационных швов при устройстве трамвайных путей, гидроизоляции швов и трещин в асфальтобетоне, гидроизоляции швов и трещин на взлётно-посадочных полосах аэродромов. Применение подтверждено Актами о внедрении (Акт ООО «МИП «НИЦ МиС» о проведении опытно-производственных работ по герметизации температурно-усадочных швов и оценке их герметичности монолитной железобетонной обделке транспортного тоннеля «Добрынинский» (Приложение Е)"; Акт ОАО «ГСХ-групп» о использовании резинобитумной композиционной мастики для устройства гидроизоляции системы водоотведения и стабилизации влажности (Приложение Ж).

6. Результаты диссертационной работы «Способ утилизации вторичного резинового сырья в условиях функционирования экотехнопарков» внедрены в учебный процесс (Акт ФГБОУ ВО «КГЭУ» о внедрении результатов диссертационной работы) (Приложение 3).

7. Произведён расчёт положительного экологического эффекта за счёт внедрения технологии производства РБК, который составил в финансовом выражении 7 303 600 рублей в год за счёт не размещения изношенных шин (отходов IV класса опасности) на промышленных полигонах.

Положения, выносимые на защиту. На защиту выносятся:

1. Созданная схема функционирования экотехнопарков, на примере Нижнекамского промышленного узла.

2. Разработанная технология производства РБК на основе резиновой крошки, полученной в процессе переработки изношенных шин и резиносодержащих отходов.

3. Результаты расчета предотвращенного экологического вреда от размещения резиносодержащих отходов IV класса опасности и экономический эффект за счёт внедрения разработанной технологии производства РБК.

Методология и методы исследований. Методологию исследований составили положения технологических основ получения композиционных материалов. Исследования физико-механических свойств РБК проведены на базе специализированных лабораторий: Специализированная лаборатория нефтяных вяжущих Ленинградского областного государственного предприятия «Дорожный учебно-инженерный центр» (ГП «ДУИЦ», Ленинградская область); МАДИ (Московского Автодорожного Института); Лабораторно-исследовательский Центр Мосавтодора; «Экологическая безопасность» на базе кафедры «Инженерная экология и безопасность труда» ФГБОУ ВО КГЭУ. Используются рекомендованные в ведомственно-экологическом контроле методы определения физико-механических свойств РБК разных марок. Все измерения выполнены в соответствии с ГОСТ и ASTM. Достоверность результатов подтверждается многократными измерениями и последующей обработкой с применением методов математической статистики. Воспроизво-

димось результатов не выходит за пределы допустимых погрешностей и подтверждена промышленными испытаниями.

Степень достоверности результатов. При проведении исследования использовались сертифицированные методики, статистическая отчетность действующих промышленных предприятий. Для исследований применялось современное высокочувствительное оборудование и средства измерений: прибор для определения пене-трации нефтебитума ПН-20, цифровой дуктилометр Infratest 1500 мм, прибор для определения температуры хрупкости битума АТХ-20, вискозиметр Brookfield DV-II+ Pro. Результаты экспериментальных исследований получены методом многократных измерений и статистически обработаны. Основная часть результатов исследования опубликована в рецензируемых российских и зарубежных изданиях.

Апробация работы. Результаты настоящей работы докладывались на все-российских и международных научно-практических конференциях: «Актуальные вопросы утилизации изношенных шин и использования резиновой крошки в дорожном строительстве» (г. Санкт-Петербург, 2013 г.), международной научно-практической конференции «Институциональные и финансовые механизмы развития территориальных кластеров и технологических платформ» (г. Дубна, 2016 г.), круглом столе «Эколого-ориентированное управление рисками и обеспечение безопасности социально-экономических и общественно-политических систем и природно-техногенных комплексов» (г. Москва, 2017 г.), I-й всероссийской научно-практической конференции «Приоритетные и перспективные направления научно-технического развития Российской Федерации» (г. Москва, 2018 г.), международной научно-практической конференции «Экологический императив технологического развития России» (г. Москва, 2019 г.), VI международной научной конференции «Мир и наука в XXI веке: глобальные вызовы и риски» (г. Москва, 2021 г.), научно-практическом семинаре «Применение модификаторов на основе переработанной шинной резины в дорожном асфальтобетоне» (г. Москва, 2021 г.), международной научной конференции «Мир и наука в XXI веке: глобальные вызовы и риски» (г. Москва, 2021 г.), IV всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Технологии переработки отходов с получением новой

продукции» (г. Киров, 2022 г.), на XII-й международной научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения – 2024» (Апатиты, 2024 г.), на международной научно-практической конференции «Экологическая устойчивость как измерение прогресса в системе целей устойчивого развития», (г. Красноярск, 2025 г.), 6-й международной научно-практической конференции «Перспективы экологического развития России и стран СНГ, г. Екатеринбург, 2025 г.).

Личный вклад автора. Личное участие автора заключается в обсуждении идеи работы, составлении целей и задач, выполнении задач, получении результатов исследований на основе экспериментальных работ, анализе физико-механических показателей РБК различной модификации, оформлении документов на получение нормативных правовых актов Российской Федерации, публикации результатов исследований по диссертационной работе и апробации результатов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 33 научные работы, из них 5 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России по специальности, 3 статьи в научных журналах, входящих в международные базы данных и системы цитирования, получен 1 патент на изобретение, 18 статей в других журналах, 5 публикаций в сборниках материалов и тезисов международных и всероссийских научных конференций. Опубликованы 2 главы в монографиях, входящих в международную базу данных Scopus, зарегистрирован 1 торговый знак на продукцию.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка цитируемой литературы и восьми приложений. Работа изложена на 182 страницах машинописного текста, включает 17 рисунков и 26 таблиц. Список литературы содержит 144 работы отечественных и зарубежных авторов.

ГЛАВА 1 УТИЛИЗАЦИЯ ВТОРИЧНОГО РЕЗИНОВОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОТЕХНОПАРКОВ

В настоящем разделе проведён анализ международного опыта создания и развития экотехнопарков, рассмотрены механизмы формирования и функционирования экотехнопарков. В качестве модельной для развития технологий утилизации отходов рассмотрена комплексная переработка резиносодержащих отходов с производством продукции, содержащей вторичное резиновое сырьё.

1.1 Определение термина «экотехнопарк» и классификация экотехнопарков

Экотехнопарки и промышленные объекты, выполняющие аналогичные функции, базируются на принципах промышленной экологии и ориентированы на достижение устойчивого промышленного развития. Развитие данных объектов определяется комплексом факторов, включающим экономические приоритеты, отражающие исторически сложившиеся модели развития национальной экономики (например, доминирование традиционных промышленных зон), и экологические приоритеты, определяемые государственной политикой или стратегией оператора парка (например, оптимизация системы управления отходами или сокращение выбросов парниковых газов) [1-8].

В докладе «Mainstreaming Eco-Industrial Parks» [9], опубликованном в 2016 г. Всемирным банком, были выделены следующие подходы к созданию комплексных территорий экологического промышленного развития:

1) «*Низкоуглеродные зоны*». Создание «низкоуглеродных зон» или «низкоуглеродных промышленных парков» направлено на применение технологий, которые позволяют снизить выбросы парниковых газов (в том числе углекислого газа) в промышленной зоне за счёт повышения эффективности утилизации данных газов и сокращения объёмов их образования в источнике выбросов.

2) «*Экопромышленные зоны*» («*экоиндустриальные парки*», «*экопромышленные парки*», «*экотехнопарки*»). Развитие «экопромышленных зон» предполагает

улучшение экологических характеристик за счет внедрения технологий и практик, направленных на сокращение отходов и повышение эффективности использования природных ресурсов. В основном это достигается посредством организации промышленного симбиоза между компаниями, входящими в экотехнопарк.

3) *«Зелёные зоны»*. В «зелёных зонах» компании-резиденты стремятся в своей производственной деятельности сократить использование природных ресурсов (так же, как и в экотехнопарках) и инвестируют средства в экологически чистое производство и услуги.

4) *«Устойчивые промышленные районы»*. Создание «устойчивых промышленных районов» направлено на повышение эффективности управления промышленной зоной или парком с намерением ориентировать её (его) развитие в направлении устойчивого экопромышленного развития. Особенность этого подхода заключается в том, что он распространяется не на отдельные компании, входящие в промышленную зону (парк), но на развитие парка в целом.

5) *«Экогорода»*. В основе создания «экогородов» заложен особый подход к градостроительному планированию и рациональному природопользованию, при котором промышленные отрасли, расположенные в определённых районах рассматриваемого города, используют синергию в потреблении ресурсов, управлении отходами, экологическом менеджменте в целом, повышении эффективности использования ресурсов в производственных процессах, между отраслями промышленности, и, таким образом, содействуют промышленному и экономическому развитию всего города.

6) *«Зоны с экономикой замкнутого цикла»*. Развитие «зон с экономикой замкнутого цикла» направлено на повышение эффективности использования ресурсов, управления потоками отходов и контроль за выбросами в компаниях, зонах, регионах посредством внедрения модели экономики замкнутого цикла.

Разные подходы (концепции) подразумевают различные рабочие характеристики и границы системы. Кроме «низкоуглеродных зон», направленных исключительно на снижение выбросов парниковых газов, все прочие перечисленные выше

подходы преследуют схожие цели и зачастую просто акцентируют внимание на различных аспектах устойчивого развития. В настоящей работе в основном используется термин «экотехнопарк», при этом он, как это будет показано ниже, вслед за другими исследователями, несколько выходит за рамки обозначенного выше подхода «экопромышленных зон» («экоиндустриальных парков», «экопромышленных парков») и, скорее, является концептуальным обобщением практической реализации принципов экономики замкнутого цикла на основе внедрения промышленного симбиоза [10].

С целью повышения конкурентоспособности на мировых рынках в начале 2000-х гг. Япония, Китай и Республика Корея реализовали целый ряд проектов по созданию экотехнопарков как высокотехнологичных комплексов, обеспечив их национальной нормативной правовой базой. Ко второму десятилетию XXI в. экотехнопарки стали важным глобальным инструментом в создании новых экологически ориентированных промышленных зон, в то время как дооснащение уже созданных экотехнопарков продолжается и в настоящее время. Только в 2016 г. в мире было создано около 12 экотехнопарков и реализовано более 30 новых разработок и проектов по модернизации промышленных зон [9].

В последние годы выявлена тенденция увеличения строительства новых экотехнопарков в развивающихся странах. Если в 2000 г. только 10 % экотехнопарков были созданы в странах, не входящих в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), то в 2016 г. их доля составила около 30 % [9]. Сложение в 2016 г. всех объектов со схожими характеристиками позволило получить 254 экотехнопарка, которые находились на различных этапах своего развития. При этом в исследовании [9] было показано, что около 80 % экотехнопарков являются промышленно ориентированными зонами.

Понимание того, как компании должны взаимодействовать в экотехнопарках, а также какими должны быть стратегии достижения экономических и экологических результатов в них, зачастую разнятся от автора к автору, от специалиста к специалисту. Большинство зарубежных авторов при определении экотехнопарка в качестве неотъемлемого элемента выделяют обмен материальными и энергетиче-

скими потоками [11]; другие видят это взаимодействие ещё и в интеграции в окружающую среду, обмене технологиями и административными ресурсами [12]. Третья группа специалистов считает важным рассмотрение социального фактора [13], ссылаясь на то, что *«оценка природных ресурсов означает также оценку людских ресурсов»*, и аргументируя свою позицию в соответствии с тремя компонентами устойчивого развития (экономические, экологические и социальные компоненты), изложенными в «Повестке дня на XXI век», принятой на конференции ООН по окружающей среде и развитию 1992 г. (The United Nations Conference on Environment and Development, UNCED).

В обзоре [13] приводятся следующие отличительные признаки экотехнопарка для обозначения разницы между подобным объектом и любым другим промышленным кластером:

- наличие между промышленными предприятиями, входящими в состав экотехнопарка, одного обмена побочными продуктами (или сети обменов промышленного симбиоза);
- наличие в составе промышленных предприятий экотехнопарка бизнес-кластера для рециклинга (компаний по восстановлению ресурсов и переработке отходов);
- наличие в составе промышленных предприятий экотехнопарка группы экологических компаний (компаний по очистке сточных вод и переработке отходов);
- наличие в составе промышленных предприятий экотехнопарка группы компаний – производителей «зелёных» продуктов;
- наличие основного направления деятельности экотехнопарка (утилизация отходов, использование альтернативных источников энергии);
- строительство парка с экологически безопасной инфраструктурой;
- комплексное использование территории экотехнопарка (организация промышленной, коммерческой и жилой зон на одной площадке).

Руководствуясь этими признаками, экотехнопарк можно определить как сообщество предприятий, которые сотрудничают друг с другом и с местным сообществом

с тем, чтобы эффективно обмениваться ресурсами (информационными, материальными, энергетическими потоками) на базе общих инфраструктурных объектов с целью достижения экономических выгод и повышения качества окружающей среды.

Концептуальной основой экотехнопарка является промышленная экология. Соответствие между принципами природной экосистемы и промышленной экосистемы представлено в таблице 1.1 по данным [14,15].

Таблица 1.1 – Элементы соответствия принципов природной и промышленной экосистем

Характеристика	Элементы соответствия	
	природная экосистема	промышленная экосистема
Круговорот	утилизация вещества, каскадирование энергии	утилизация вещества, каскадирование энергии
Разнообразие	биоразнообразие, разнообразие видов, организмов, разнообразие процессов, взаимозависимость и сотрудничество, разнообразие информации	разнообразие видов деятельности, взаимозависимость и сотрудничество, разнообразие промышленных потоков
Расположение	использование природных ресурсов, соблюдение природных лимитирующих факторов, локальная взаимозависимость, сотрудничество	использование природных ресурсов, отходов, соблюдение природных лимитирующих факторов, сотрудничество с местными субъектами
Постепенное изменение	эволюция с использованием солнечной энергии, эволюция через воспроизведение, цикличность, сезонность, медленные временные темпы развития системного разнообразия	использование отходов и энергии, возобновляемых ресурсов, постепенное развитие системного разнообразия

Традиционно бизнес, экономика и окружающая среда рассматривались как отдельные системы, действующие независимо друг от друга, а иногда и во вред друг другу. Осознание в профессиональном сообществе фактической взаимозависимости между этими системами растет, подчеркивая необходимость создания устойчивой бизнес-модели, при реализации которой экологические и экономические показатели растут одновременно. Новый подход к производственной деятельности на основе принципов промышленной экологии призван объединить элементы промышленных и природных систем в единую техносферу. Подобно тому,

как экология изучает взаимодействие живых организмов между собой и с окружающей их средой, объектами исследования промышленной экологии являются отношения между участниками промышленной системы и между промышленными и природными системами.

Основная предпосылка внедрения промышленной экологии в производственную среду заключается в том, что промышленные системы могут достичь более высоких показателей эффективности и более низких уровней загрязнения путём создания замкнутых систем потоков материалов и энергии, подобных тем, которые существуют в природе [8].

Аналогия между природными и промышленными экосистемами также описывается с помощью понятия «промышленный симбиоз». Рассматривая промышленный симбиоз в качестве части новой области промышленной экологии, предполагается объединение материальных и энергетических потоков посредством местных и региональных экономик. Он привлекает отрасли промышленности, традиционно существующие автономно, к коллективной деятельности для получения конкурентных преимуществ, которые связаны с физическим обменом природными ресурсами (минеральными, водными и прочими), энергетическими ресурсами, вторичными материальными ресурсами. Основными элементами промышленного симбиоза являются активное сотрудничество и симбиотические возможности, обеспечиваемые географической близостью промышленных предприятий [16]. Из приведённого становится понятным, что экотехнопарк представляет собой продукт практической реализации концепции промышленного симбиоза как элемента промышленной экологии.

Концепция создания экотехнопарков была впервые предложена на конференции ООН по окружающей среде и развитию 1992 г. В настоящее время общепринятое международное определение экотехнопарков основано на формулировке Эрнеста Лоу, сформулированной в 2001 г. [12]. Согласно его формулировке «экопромышленные парки» определяются как «сообщество производственных и сервисных предприятий, стремящееся повысить экологические и экономические показатели своей деятельности посредством сотрудничества в управлении природными

ресурсами, включая энергетику, воду и материальные ресурсы. Работая вместе, сообщество бизнеса получает коллективные выгоды, которые превышают сумму индивидуальных преимуществ, которые каждая компания могла бы получить при частной оптимизации своего производства». Однако существуют и иные определения экотехнопарка, в которых акцентируется внимание на конкретных признаках (элементах). Приведём некоторые из них.

В стратегии создания «устойчивых промышленных районов» кроме экопромышленного подхода, реализуемого при создании экотехнопарков, учитываются также социальные аспекты развития [17].

В своем исследовании Массард и др. [18] определяют экотехнопарки следующим образом: «термин экоинновационный парк используется для определения как экоиндустриальных парков, так и экоинновационных областей, объединяющих хозяйственную и промышленную сферы деятельности, такие как экологические города и экологические промышленные площадки. Экоинновационные парки оптимизированы с экологической точки зрения (например, на их территории проводится опробование пилотных установок и процессов) и постоянно развиваются (например, посредством сотрудничества с научно-исследовательскими и проектными учреждениями)».

В работе Лове и его коллег [19] экотехнопарк определяется как «сообщество производственных и сервисных предприятий, стремящихся повысить экологическую и экономическую эффективность путём сотрудничества в решении экологических и ресурсных вопросов, включая энергетику, воду и материалы. Работая вместе, сообщество предприятий стремится к коллективной выгоде, которая больше, чем сумма индивидуальных компаний-получателей выгод, если бы они оптимизировали свою работу автономно. Цель экотехнопарка заключается в улучшении экономических показателей участвующих в нём компаний и сведении к минимуму их воздействия на окружающую среду. Компоненты этого подхода включают новый или модернизированный дизайн парковой инфраструктуры и установок, предотвращение загрязнения, повышение энергоэффективности и партнерские отноше-

ния между компаниями. Благодаря сотрудничеству, это сообщество компаний становится «промышленной экосистемой».

Коте и Холл [20] предложили под «экоиндустриальным парком» (фактически под «экотехнопарком») понимать «промышленную систему, цель организации которой состоит в сохранении природных и экономических ресурсов; снижении затрат на производство, материальных, энергетических, страховых расходов и расходов на переработку и выполнение обязательств; повышении эффективности и безопасности производства, качества продукции и общественного имиджа; и в обеспечении возможности получения доходов от использования и продажи побочных материалов и отходов».

Согласно исследованию Сайкку [21], центральным фактором в работе экотехнопарков является организация материальных и энергетических обменов между компаниями как внутри местной, так и в масштабах региональной экономики. Специфика создания экотехнопарков основана на замыкании материалов в цикл и увеличении степени водного и энергетического каскадирования в промышленных зонах.

На основе обобщения результатов исследований своих предшественников Коте и Коэн-Розенталь [22] выделили некоторые из ключевых характеристик экотехнопарка: сообщество, сотрудничество, взаимодействие, эффективность, ресурсы и система.

В промышленном симбиозе новые «неожиданные» связи между различными производственными объектами, относящимися к различным промышленным (и не только) областям, могут быть обнаружены в экотехнопарках благодаря территориальной близости расположения этих объектов. К примеру, в работе Сайкку [21] экотехнопарки определены следующим образом: «сообщество производственных и сервисных предприятий, расположенных на одной площадке с совместно эксплуатируемой инфраструктурой».

Для того, чтобы промышленная зона стала экотехнопарком, между организациями, входящими в её состав, должны происходить симбиотические обмены материальными ресурсами и (или) энергией.

В своей работе Чертоу [16] выделяет пять типов экотехнопарков в зависимости от их географического расположения и качества реализуемых симбиотических обменов (таблица 1.2). Отдельно следует обратить внимание на типы 4 и 5, которые подразумевают возможность организации симбиотических связей между объектами, входящими в экотехнопарк и располагающимися не на одной промышленной площадке, но на отдалённых друг от друга территориях.

Таблица 1.2 – Типы экотехнопарков по Чертоу [16]

Типы экотехнопарков	Характеристика экотехнопарка
Тип 1	В экотехнопарке реализуются схемы обмена отходами. Восстановленные материалы продаются или передаются сторонними дилерами другим компаниям или организациям
Тип 2	Симбиотическое взаимодействие происходит в пределах производственного объекта, фирмы или организации. Обычно реализуется односторонний обмен материалами или продуктами в рамках одной организации
Тип 3	Симбиотическое взаимодействие реализуется между организациями, расположенными в определенной промышленной зоне. Этот тип экотехнопарка включает обмены материалами (включая отходы) или энергией между организациями, расположенными в непосредственной близости друг от друга. Обмен происходит главным образом в определенной промышленной зоне
Тип 4	Симбиотическое взаимодействие реализуется между компаниями, не расположенными на одной площадке. В данном случае к участию в промышленном симбиозе привлекаются компании, промышленные мощности которых расположены за пределами основной площадки экотехнопарка
Тип 5	Симбиотическое взаимодействие между компаниями организовано в широких географических границах. Этот тип включает обмены в широких пространственных масштабах и затрагивает большое число компаний

Классификация экотехнопарков по стадиям развития, приведённая в обзоре [16], в обработанном виде представлена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Классификация экотехнопарков по стадиям развития

Критерии дифференцирования экотехнопарков	Стадия развития	
	проектируемый экотехнопарк	действующий экотехнопарк
1	2	3
Площадь экотехнопарка	малая площадь (< 200 га)	большая площадь (> 1 000 га)

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3
Секторы экономики	компании из одного или нескольких секторов экономики	компании из различных секторов экономики
Определённая промышленная площадка	интегрированная промышленно-городская зона	специально предназначенная промышленная зона
Наличие определенного направления деятельности	четко не определена	определена (к примеру, восстановление ресурсов)
Степень развития технологий	базовый уровень	высокотехнологичный
Тип деятельности	предоставление коммерческих услуг	производство и переработка
Интенсивность взаимодействия (количество привлеченных в экотехнопарк резидентов)	низкая интенсивность взаимодействия	высокая интенсивность взаимодействия

Таким образом, с учётом рекомендаций, приведённых в [23], экотехнопарком является промышленный кластер, в котором:

- реализовано более одного обмена побочными продуктами или создана целая сеть обмена побочными продуктами;
- существует и развивается бизнес-кластер по возврату вторичных материальных ресурсов в хозяйственный оборот (в том числе имеются предприятия по переработке отходов);
- организовано коллективное сотрудничество экологических компаний;
- привлекаются компании, производящие продукцию из вторичных материальных ресурсов;
- организовано совместное использование инфраструктурных и производственных объектов (промышленными компаниями и хозяйственными объектами, расположенными вблизи экотехнопарка населённых пунктов).

При этом критическим элементом в определении экотехнопарка всё же является взаимодействие между предприятиями – его участниками в рамках промышленного симбиоза и между предприятиями и природной средой.

1.2 Процессы создания экотехнопарков

Как таковых методик или строгих инструкций к созданию экотехнопарков в настоящее время не разработано. Причиной может быть восприятие экотехнопарка как «живого организма» с индивидуальным набором технологий, формой организации, стратегией и перспективами развития. Кроме того, свой отпечаток накладывает и наличие разногласий в трактовании самого термина «экотехнопарк». Вместе с тем на основе анализа ряда рекомендаций [13, 19, 23] можно выделить некоторые элементы, которые следовало бы учесть при планировании организации экотехнопарка.

Существует несколько способов побудить компании работать экологически безопасным способом. «Классический подход» ориентирован на отдельные компании и предполагает государственное участие посредством «мягкого» принуждения (применения классических и новых форм регулирования), экономических стимулов (к примеру, «зеленого налогообложения») и стимулирования применения бизнес-систем экологического менеджмента.

В дополнение к приведённому был разработан межотраслевой «экотехнопарковый» подход, который стимулирует компании, расположенные в индустриальном (промышленном) парке, совместно уменьшать негативное воздействие на окружающую среду, вызванное их деятельностью. Данный интегрированный подход можно рассматривать как дополнительную процедуру управления производственными цепочками. Региональная ориентация этого подхода создает новые возможности для оптимизации материальных циклов.

Чтобы разработать коллективный план действий по созданию экотехнопарков, компаниям и государственным органам необходимо согласовать свои намерения и функции. Компании, которые когда-то действовали в относительной независимости друг от друга, теперь должны укреплять взаимное доверие и сотрудничество. Перспектива коллективного взаимодействия внутри экотехнопарка порождает как экологические, так и экономические выгоды.

Коллективная экологическая эффективность компаний, входящих в экотехнопарк, может быть обеспечена взаимодействием в сферах коммунальных и энергетических услуг. Например, посредством совместной эксплуатации установок по очистке сточных вод, получения и распределения комбинированной тепловой и электрической энергии.

Разумеется, обмен материальными потоками между фирмами не является нововведением в экотехнопарке. Так, в химической промышленности такие механизмы существуют уже давно. Разница заключается в том, что подобные связи ранее были реализованы в относительно однородных областях промышленности, связанных через потоки ресурсов и побочных продуктов, тогда как внутри экотехнопарков возникают новые неожиданные комбинации между предприятиями с различным производственным профилем.

Существует несколько основных элементов планирования экотехнопарка как промышленной экосистемы:

1) интеграция в природные системы посредством:

– минимизации экологических последствий (интеграция экотехнопарка в местный ландшафт, гидрологические условия и экосистемы);

– минимизации вклада в глобальное воздействие на окружающую среду (например, минимизация выбросов парниковых газов);

2) организация системы эффективного энергоснабжения:

– максимизация энергоэффективности (к примеру, проектирование или реконструкция энергетических объектов, когенерация, каскадирование электрической и (или) тепловой энергии);

– достижение более высокой энергоэффективности за счёт использования межпроизводственных потоков энергии;

– использование возобновляемых источников энергии;

3) организация эффективного управления материальными потоками:

– предотвращение загрязнения материальных потоков, в том числе особо опасными веществами;

– обеспечение максимального использования материалов внутри экотехнопарка;

- сокращение рисков образования токсических веществ путём комплексной обработки отходов на уровне отдельного процесса;

- взаимодействие экотехнопарка с компаниями в регионе в качестве потребителей и образователей побочных продуктов посредством обмена ресурсами и организации сети переработки отходов;

4) организация системы эффективного водопотребления и водоочистки:

- проектирование системы водопотребления и водоотведения с целью экономии ресурсов и сокращения загрязнения посредством стратегий, аналогичных стратегиям, описанным для энергетических и материальных потоков;

5) организация системы эффективного управления экотехнопарком:

- распределение ответственности между всеми заинтересованными сторонами в экотехнопарке;

- привлечение компаний в экотехнопарк;

- содействие компаниям в организации симбиотических обменов материальными и энергетическими потоками друг друга;

- улучшение экологических показателей для отдельных компаний и экотехнопарка в целом;

- поддержка информационной системы, которая способствует развитию межфирменных коммуникаций;

- обеспечение сервисных услуг внутри экотехнопарка.

Индивидуально каждый из приведённых элементов добавляет ценность проекту экотехнопарка, но вместе они образуют единое целое, которое является большим, нежели сумма его частей.

1.3 Фазы развития экотехнопарка и его основные участники

Развитие экотехнопарков можно представить через ряд последовательных фаз, реализация которых начинается с объединения предприятий в экотехнопарк и улучшения экологических показателей на уровне отдельных компаний. Можно выделить пять основных фаз развития экотехнопарка:

фаза 1 – исходный уровень. Основные члены экотехнопарка размещают свои производственные объекты на территории (территориях) экотехнопарка;

фаза 2 - предотвращение загрязнения. Участники экотехнопарка реализуют мероприятия по предотвращению загрязнения окружающей среды, предусмотренные индивидуальными планами развития;

фаза 3 - предотвращение загрязнения и промышленный симбиоз. Участники экотехнопарка развивают симбиотические отношения с другими членами экотехнопарка и удалёнными партнерами;

фаза 4 - привлечение новых членов в экотехнопарк. Новые симбиотические отношения развиваются в результате вхождения в экотехнопарк новых компаний;

фаза 5 - организация эффективного взаимодействия и обеспечения сервисных услуг. Удалённые партнеры входят в экотехнопарк. Экотехнопарк предоставляет стандартные административные и экологические услуги резидентам экотехнопарка.

Авторами работы [24] предложено группировать основных участников экотехнопарка следующим образом:

- промышленные производители – предприятия, которые принимают в качестве входного потока воду, энергию и минеральное сырьё и производят материальные продукты, воду, энергию и отходы;
- промышленные потребители – предприятия и организации, которые получают исходные материалы от промышленных производителей, а также воду и энергию как услуги и производят в качестве выходных потоков только отходы;
- промышленные переработчики – предприятия, деятельность которых направлена на обработку, утилизацию и обезвреживание отходов (побочных продуктов), образованных промышленными производителями и потребителями.

1.4 Общие принципы создания экотехнопарка

Разработкой руководства (или концепции) по созданию конкретного экотехнопарка обычно занимается либо междисциплинарная исследовательская группа, либо группа заинтересованных сторон.

Проекты создания экотехнопарков являются специфичными для каждого конкретного случая ввиду многовариантности природно-климатических, экономических и экологических факторов, которые необходимо учесть при создании экотехнопарка. Именно поэтому в настоящее время отсутствуют универсальные правила проектирования, которые могут применяться к любому экотехнопарку. Несмотря на это, попробуем выделить некоторые общие принципы, применяемые при создании экотехнопарка.

Приступив к планированию создания экотехнопарка, необходимо провести аналитическую работу, результаты которой позволяют определить количество и характер проектов по предотвращению и (или) минимизации негативного воздействия на окружающую среду, которые и составят основу развития экотехнопарка. В проектах следует определить способы снижения общего негативного воздействия экотехнопарка на местную природную систему. Объединение действующих предприятий в экотехнопарк и совместные усилия по сокращению образования и (или) размещения отходов должны обеспечить снижение антропогенной нагрузки в целом [22].

Анализ литературных источников позволяет сформулировать основные шаги (стадии, элементы) создания экотехнопарка [25]:

- 1) определение заинтересованных сторон с целью привлечения их в экотехнопарк;
- 2) снижение негативного воздействия на окружающую среду за счёт замены токсичных материалов, очистки общих сточных вод, поглощения углекислого газа, обмена материалами и комплексной переработки отходов;
- 3) максимизация энергоэффективности посредством проектирования и строительства объектов совместного производства электроэнергии, тепла, холода и организации систем энергетического каскадирования;
- 4) сохранение материалов посредством повторного использования, восстановления и рециркуляции;
- 5) взаимодействие компаний с поставщиками и клиентами в более широких границах, чем границы экотехнопарка;

6) постоянное улучшение экологических показателей работы отдельных предприятий и экотехнопарка в целом;

7) организация системы регулирования, которая допускает некоторую гибкость, поощряя компании к достижению целей повышения своей производительности и экологической эффективности;

8) использование экономических инструментов, которые способствуют сокращению образования отходов и снижению уровня загрязнения;

9) использование эффективной системы управления, которая способствует организации замкнутых циклов материальных и энергетических потоков;

10) создание механизма постоянного развития системы, который направлен на подготовку и обучение руководителей и работников новым стратегиям, инструментам и технологиям для совершенствования системы;

11) создание эффективной организационной системы, нацеленной на привлечение в экотехнопарк компаний – потенциальных участников промышленного симбиоза.

1.5 Выбор участка (участков) размещения экотехнопарка

При выборе участка (участков) размещения экотехнопарка возможен один из трёх вариантов:

- использование нового участка (новых участков);
- использование площадки с действующими промышленными объектами (площадки промышленного парка);
- использование загрязнённых (зброшенных) участков, нуждающихся в предварительной рекультивации.

При выборе в качестве территории размещения экотехнопарка новой площадки существуют некоторые преимущества, одним из которых является бóльшая степень свободы для применения и тестирования новых технологических решений размещения инфраструктурных объектов.

Преобразование действующих промышленных парков в экотехнопарки потребует проведения большой разъяснительной работы с компаниями с целью улучшения их экологических показателей, а также, при необходимости, восстановления загрязнённой (нарушенной) территории. В действующем промышленном парке имеются ограничения в основной группе работающих на месте компаний (с их промышленными объектами и оборудованием), установленные отношения и природоохранная практика могут препятствовать внедрению инноваций. С другой стороны, преимуществом таких площадок является развитость инфраструктурных объектов, подведённых сетей электро-, тепло-, газо- и водоснабжения, транспортных коммуникаций.

В качестве заброшенных (зачастую загрязнённых) участков могут быть использованы недействующие городские промышленные зоны, расположенные в промышленных регионах, площадки закрытых и недействующих военных баз.

Основными препятствиями при использовании заброшенных участков являются:

- стоимость восстановления загрязнённой территории часто превышает рыночную стоимость участка;
- резиденты экотехнопарка становятся ответственными за ликвидацию накопленного экологического ущерба. Возможно, на таких площадках потребуются демонтаж и снос заброшенных зданий и сооружений, рекультивация нарушенных участков территории.

Наряду с этим существует и несколько положительных моментов при разработке экотехнопарков на действующих и заброшенных промышленных площадках. Зачастую они расположены вблизи основных автомагистралей, морских портов и железнодорожных линий, крупных населённых пунктов с высокой концентрацией потенциальных сотрудников экотехнопарка. Ценная инфраструктура, такая как дороги, канализационные сети, электрические и телефонные линии, здания и другие сооружения может быть повторно использовано, что позволит сэкономить на строительстве и прокладке основных коммуникаций. Экологические, социальные и экономические выгоды от перепланировки заброшенных участков могут быть значи-

тельными. При этом реконструкция таких площадок приведёт к сохранению нетронутых территорий, которые потенциально могли быть использованы под строительство объектов экотехнопарков.

1.6 Определение основных заинтересованных сторон и их функций

Экотехнопарки не полностью соответствуют классическим бизнес-моделям промышленных парков. В классических бизнес-моделях внутри промышленного кластера компании сосредоточены на своей основной деятельности и организации эффективной цепочки поставок своей продукции.

Особую роль в процессе создания экотехнопарка может играть ключевой субъект: «институт симбиоза», «система поддержки», «якорный резидент», «инициатор», «координационный орган» [26].

Якорные резиденты являются важными участниками экотехнопарка. В соответствии с этим подходом существует следующая деление: физический якорный резидент (например, региональная энергетическая компания, крупное промышленное предприятие) и институциональный якорный арендатор (например, научно-технический университет) [27]. Они могут играть важную роль в создании и повышении мотивации других участников – представителей различных заинтересованных сторон. Они обеспечивают мотивацию частично за счёт организации обмена собственными потоками побочных продуктов. Такие лидеры могут обеспечить достаточные финансовые ресурсы, в том числе на этапе планирования создания экотехнопарка.

Якорный резидент может связать всех остальных участников через собственные материальные и энергетические потоки. Зачастую он уже имеет развитые цепи сотрудничества с другими членами сети. Кроме того, такая компания уже имеет собственную систему управления мероприятиями по охране окружающей среды.

Одной из административных функций экотехнопарка является повышение экологических показателей отдельных компаний и экотехнопарка в целом.

1.7 Вопросы регулирования и подходы к стимулированию развития экотехнопарков

Общие вопросы экологической промышленной политики могут поддерживать, препятствовать или ограничивать развитие экотехнопарков. Например, потенциальные противоречия между правилами передачи опасных материалов и возможностями обмена отходами могут привести к политическому давлению для предотвращения любых изменений в нормативных правовых актах, необходимых для создания экотехнопарка.

Из практики известны многочисленные примеры того, как часто экологические нормы создают препятствия для развития промышленности, для разработки и реализации программ по предотвращению загрязнения окружающей среды, а также для обмена потенциально полезными отходами (побочными продуктами) для производства продукции [23].

Необходимость выполнения всех предусмотренных законодательством требований повышает риск реализации инновационных экологических стратегий, в том числе и таких, как участие в экотехнопарке. Как показывает мировой опыт, ключевыми проблемами регулирования, влияющими на развитие экотехнопарков, являются следующие:

- 1) определение статуса вторичных ресурсов. Идентификация и классификация отходов напрямую влияют на то, как промышленные компании должны обращаться с различными видами отходов. В соответствии с действующими терминологическими аппаратами нормативно правовой документации большинства стран различия между отходами, вторичными ресурсами, вторичным сырьём и побочными продуктами либо отсутствуют, либо определены весьма расплывчато. В этих условиях каждая компания вынуждена адаптироваться к существующим законодательным реалиям по-своему;

- 2) определение источника экологического воздействия. В контексте разработки экологических стандартов и получения различных экологических разрешений термин «источник» эмиссий может трактоваться по-разному и применяться как

к экотехнопарку в целом, так и к входящим в него отдельным объектам, оказывающим негативное воздействие на окружающую среду. При этом внутри экотехнопарка отдельные материальные потоки одних объектов, относящиеся к эмиссиям в классической терминологии природоохранного законодательства, могут перерабатываться на других объектах экотехнопарка, что позволяет относить данные потоки к технологическим потокам, а не к эмиссиям;

3) распределение ответственности в экотехнопарке. В экотехнопарке должны быть чётко распределены зоны ответственности. Основными направлениями ответственности являются: использование в производственных процессах потенциально опасных вторичных ресурсов; управление экотехнопарком в соответствии с едиными регулируемыми требованиями и нормами. В случаях нарушения экологического законодательства страны важным является чёткое разграничение ответственности между отдельными компаниями и экотехнопарком в целом.

Отдельно стоит остановиться на необходимом для ряда стран переходе в области природопользования от системы правил, основанной на технологии, к системе правил, основанной на эффективности. Действующие сегодня экологические нормы во многих зарубежных странах основаны на возможностях современных техники и технологий. К примеру, в США отраслевые стандарты основаны на конкретной доступной и хорошо зарекомендовавшей себя технологии - наилучшей доступной технологии (НДТ). Поскольку стандарты США установлены по показателям уже существующих и внедрённых технологий, разработчики технологий не имеют стимулов для разработки или внедрения инновационных технологий, которые превышают требования стандартов, установленных регулируемыми органами. К примеру, в Законе о сохранении и восстановлении ресурсов США (Resource Conservation and Recovery Act, RCRA) приводится требование по обработке опасных отходов перед их утилизацией для того, чтобы достичь максимально низкого уровня негативного воздействия на окружающую среду, сравнимого с тем, который обеспечивается при реализации НДТ. Поэтому разработчики технологий

мало заинтересованы в тестировании и коммерциализации новых технологий, которые работают с более высокими экологическими показателями, чем те, которые можно достичь при реализации НДТ.

Стандарты, основанные на показателях эффективности, позволяют компаниям выбирать технологии защиты окружающей среды, которые являются наиболее экономически эффективными при достижении требуемых экологических показателей. В случае с экотехнопарком наиболее экономически эффективной технологией может быть та, при которой потоки отходов обладают полезными свойствами и могут быть использованы в качестве вторичного сырья в других процессах. Если доход от вторичного сырья больше или равен предельным издержкам от внедрения требуемой технологии, компания извлекает экономическую выгоду от внедрения новой технологии с одновременным улучшением экологических показателей.

Рекомендации к использованию конкретного оборудования и (или) устаревших технологических процессов в соответствии с принятым технологическим нормированием ограничивают компании в выборе существующих технологий, тем самым ограничивая возможности снижения общего негативного воздействия экотехнопарка на окружающую среду посредством обмена вторичными ресурсами.

Правила, основанные на показателях эффективности, предоставляют компаниям определённую гибкость, необходимую для изменения технологических процессов, чтобы наилучшим образом минимизировать загрязнение, входящих в экотехнопарк промышленных объектов. Это также создает спрос на разработку и коммерциализацию новых экологически чистых технологий.

1.8 Привлечение компаний в экотехнопарк на основе анализа обмена ресурсами

Процесс анализа стратегии обмена ресурсными потоками состоит из восьми этапов:

- 1) анализ материальных и энергетических потоков и показателей основных отраслей промышленности в конкретном районе:

- определение качественных характеристик материальных и энергетических потоков;
 - определение количественных характеристик материальных и энергетических потоков;
 - распределение ресурсных потоков во времени (устойчивое, периодическое, эпизодическое или нерегулярное);
- 2) оценка потенциала объединения небольших количеств некоторых материалов для создания потоков, достаточных для обмена;
 - 3) сопоставление собранной из различных источников информации о деятельности компании с данными, предоставленными самой компанией;
 - 4) определение потенциальных компаний – потребителей существующих материальных и (или) энергетических потоков;
 - 5) определение требований потенциальных участников промышленного симбиоза к количественным и качественным характеристикам материальных и (или) энергетических потоков;
 - 6) определение технологических процессов, которые необходимо использовать для обработки материальных и (или) энергетических потоков с целью доведения их характеристик до требуемого качества;
 - 7) установление степени значимости обмена ресурсными потоками в стратегии привлечения компаний в экотехнопарк;
 - 8) постоянный мониторинг деятельности компаний экотехнопарка и корректировка по его результатам стратегии обмена ресурсными потоками.

Наличие и доступность базы промышленных предприятий может значительно облегчить поиск вероятных кандидатов для привлечения в экотехнопарк. Оценка промышленных объектов, расположенных в территориальной близости к объектам экотехнопарка, может оказаться полезной для определения возможности использования невостребованных в настоящее время вторичных ресурсов (потенциального вторичного сырья) в сети обмена ресурсами. Подобное исследование можно провести в рамках научно-исследовательской работы. При анализе инфор-

мации будут выявлены промышленные предприятия, которые могут извлечь выгоду от близкого расположения своих производственных объектов. Это будет первый шаг в формировании обмена ресурсами внутри сообщества или в региональном масштабе. Такая оценка также поможет идентифицировать новые ниши для развития бизнеса компаний, которые перерабатывают отходы в пригодное для использования сырьё.

Для определения возможностей организации эффективных отношений с участниками экотехнопарка также могут потребоваться некоторые изменения в технологических процессах. Данные изменения необходимы ввиду того, что зачастую отходы одной компании и входные показатели материальных и энергетических потоков производственных процессов других компаний не соответствуют друг другу.

Распространённой практикой развития экотехнопарков является поиск крупного резидента – «якорного резидента», который может стать точкой притяжения для других фирм, являющихся поставщиками или потребителями продукции. В экотехнопарке основные входные и выходные потоки этого якорного резидента будут определяющими в поиске новых резидентов экотехнопарка, которые могут использовать побочные продукты якорного резидента или обеспечивать его своими потоками вторичного сырья.

Якорный резидент экотехнопарка также может представлять собой сеть станций сбора и передачи (распределения) отходов по направлениям их дальнейшей переработки. В развитии этого направления могут принять активное участие муниципальные организации. К примеру, городские станции накопления и (или) обработки (главным образом сортировки) твёрдых коммунальных отходов (ТКО), строительных и других отходов могут выполнять функцию якорных резидентов. Такие городские станции сбора и передачи сортированных и (или) несортированных отходов могут представлять собой надёжный элемент развития экотехнопарка. Этот элемент станет основным поставщиком вторичного сырья для других компаний экотехнопарка.

Обмен материальными и энергетическими потоками внутри экотехнопарка может быть поддержан путём расширения взаимодействий внутри экотехнопарка

и его участия в эффективных муниципальных, региональных или государственных программах обмена. Расширение рынков придаст большую устойчивость модели торговли, поддерживая альтернативных поставщиков и потребителей, и обеспечит экотехнопарк необходимыми (по качеству и количеству) материальными и энергетическими потоками.

1.9 Основные преимущества концепции экотехнопарков

Цель создания и развития экотехнопарков состоит в достижении экономических и социальных выгод посредством взаимодействия (сотрудничества) между предприятиями при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду.

Высокая экологическая и экономическая эффективность является способом достижения конкурентного преимущества компаний – членов экотехнопарков перед отдельно (автономно) работающими организациями. Поэтому поиск конкурентных преимуществ является основной причиной заинтересованности компаний в объединении в экотехнопарк.

Конкурентные преимущества объединения в экотехнопарк обеспечиваются в основном за счёт предоставления компаниям доступа к различным ресурсам, экономии затрат и межфирменного обучения. Некоторые преимущества, которые может предоставить участие в экотехнопарке, основаны на образовании нематериальных связей, таких как транспортные сети, общий административный и информационный ресурс, служба безопасности и т. д.

Экотехнопарки организуются для оптимального использования информации и ресурсов. Объёмы использования компаниями материальных и энергетических ресурсов сокращаются за счёт полной или частичной замены их вторичными ресурсами (отходами), производимыми в экотехнопарке. Негативное воздействие экотехнопарка на окружающую среду в целом сокращается благодаря внедрению технологий рационального природопользования.

Социальные преимущества организации экотехнопарков заключаются в создании дополнительных рабочих мест, улучшении условий труда и росте общего благосостояния общества.

Потенциальные выгоды компаний, задействованных в работе экотехнопарков, состоят в снижении издержек производства за счёт увеличения эффективности использования материальных и энергетических ресурсов, получения доходов от использования вторичных ресурсов (отходов) и снижения непроизводственных затрат.

Повышение эффективности производства позволит членам экотехнопарка производить продукты, которые будут более конкурентоспособными на внутреннем и внешнем рынках. Кроме того, некоторые расходы могут распределяться между всеми участниками в экотехнопарке в кооперации. Упомянутое разделение затрат может включать расходы на содержание инфраструктуры, исследования и разработки, обучение персонала, проектирование и обслуживание сложных информационных систем. Также компании могут использовать своё членство в экотехнопарке в качестве прочной основы для осуществления «зелёных» маркетинговых кампаний.

Повышение экономической эффективности, участвующих в экотехнопарке предприятий, может сделать их мощным инструментом экономического развития [28, 29].

Экотехнопарки могут стать платформами (лабораториями), на которых будут разрабатываться и внедряться соответствующие парадигме устойчивого развития политики и технические решения.

Сочетание экологических и экономических выгод от объединения разрозненных промышленных объектов в экотехнопарк может наглядно продемонстрировать плодотворное внедрение принципов устойчивого развития в реальных условиях. Развитие экотехнопарков может способствовать увеличению спроса на инновационные подходы к предотвращению загрязнения окружающей среды, повышению ресурсосбережения и энергоэффективности. Каждый существующий экотехнопарк будет служить рабочей моделью для будущих экотехнопарков и других экологически безопасных форм ведения бизнеса.

1.10 Основные барьеры (риски) реализации концепции экотехнопарков

Одной из проблем в реализации концепции экотехнопарков является определение границ экотехнопарка как системы. Для определения границ необходимо ответить на несколько вопросов:

- Включает ли данная система только несколько ключевых фирм, которые участвуют в деятельности экотехнопарка, или она включает в себя более широкую область распространения, например, удалённых участников, промышленные объекты, расположенные в населённом пункте или районе (регионе)?
- Физические потоки материальных и энергетических ресурсов распространяются на продукты и процессы на уровне компании, экотехнопарка или на уровне муниципальных, региональных и национальных границ?

Проблемным вопросом также является усложнение оценки экологической эффективности отдельных объектов экотехнопарка при их сравнении с подобными, но автономно работающими промышленными объектами. Так как повышение экологической эффективности в экотехнопарке рассматривается с точки зрения улучшения экологических показателей экотехнопарка в целом, то иногда экологические показатели одной конкретной компании, входящей в экотехнопарк, по формальному признаку могут снижаться. К примеру, рассматривая экотехнопарк как целостную систему, может оказаться, что некоторым компаниям более выгодно увеличить образование отходов (вторичных ресурсов) или использовать их при производстве электро- и (или) тепловой энергии вместо того, чтобы сокращать их образование. В особенности это становится актуальным, если отходы (вторичные ресурсы) заменяют собой невозобновляемые природные ресурсы [30].

Нестабильность регуляторной политики государства также может препятствовать деятельности экотехнопарка или нарушать её. Например, если деятельность внутри экотехнопарков была выстроена на базе обмена отходами, то резкое введение новых терминов, конструкций и объектов регулирования, таких как «побочный продукт», «вторичные ресурсы», «вторичное сырьё» и пр., может нарушить

(дестабилизировать) обмен теми материальными потоками, которые ранее полностью или частично определялись в качестве отходов.

Для дополнительной стабилизации работы экотехнопарка должны быть разработаны резервные решения, которые предусматривали бы возможное прекращение деятельности конкретной компании, интегрированной в экотехнопарк.

Основными барьерами в создании экотехнопарка являются неопределённость с обменами материальными и энергетическими потоками между компаниями внутри экотехнопарка, а также определение явных экономических выгод и экологическая «зрелость» компаний.

При установлении симбиотических связей между компаниями в экотехнопарке барьеры могут быть классифицированы в виде пяти основных групп: 1) технические барьеры, которые возникают, когда взаимные обмены не являются жизнеспособными; 2) экономические барьеры, которые включают экономически необоснованные обмены или обмены с высокими рисками; 3) информационные барьеры; 4) организационные барьеры; 5) нормативные или юридические барьеры.

Иногда в качестве барьера реализации концепции экотехнопарков выделяется недостаток знаний и мотивации.

Для преодоления некоторых барьеров необходимо принимать административные действия для создания бизнес-среды, поддерживающей устойчивое развитие, организовывать региональное сотрудничество и создавать сети взаимодействия между частными и общественными организациями. Также следует поощрять исследования в области разработки методов, технологий и инструментов для поддержания развития экотехнопарков.

1.11 Категории технологий, поддерживающих развитие экотехнопарков

Использование соответствующих развитию промышленного симбиоза технологий может повысить эффективность экотехнопарка. Невозможно определить конкретные технологии, которые окажутся важными для всех участников экотехнопарка. Можно только предложить основу для их групповой идентификации. При

этом очевидно, что технологии, способствующие повышению эффективности каждого экотехнопарка, специфичны для конкретной промышленной деятельности экотехнопарка, характеристик промышленного симбиоза, географических характеристик местоположения, доступных ресурсов и многих других факторов.

Внедрение экологически чистых технологий способствует сокращению использования природных ресурсов путём полной или частичной их замены вторичными материальными ресурсами.

К общим категориям технологий (методов), внедрение которых соответствует основным принципам развития экотехнопарка, относятся: транспортные технологии; технологии восстановления, переработки, повторного использования и замещения природных ресурсов вторичным сырьём (отходами); технологии (методы) экологического контроля; информационные технологии; технологии, способствующие повышению энергоэффективности; технологии в области водоподготовки, рационального водопотребления и очистки сточных вод.

1.12 Факторы, влияющие на успешное развитие экотехнопарков

Экономическая жизнеспособность промышленного симбиоза в рамках экотехнопарка является предпосылкой и конечным условием успеха достижения его экологических и социальных задач. Все этапы проекта по созданию конкретного экотехнопарка должны быть финансово осуществимыми.

Кроме того, для успешного создания и развития экотехнопарка важным является соответствие характеристик материальных и энергетических потоков, действующих внутри конкретного экотехнопарка между компаниями, техническим и технологическим особенностям предприятий, являющихся потребителями этих потоков.

Таким образом, можно сформулировать следующие факторы, влияющие на успешную реализацию проекта экотехнопарка: экономическая жизнеспособность промышленного симбиоза; явные экономические выгоды для всех участников; низ-

кие экономические риски; наличие сети обменов материальными и (или) энергетическими ресурсами; непрерывность материальных и энергетических потоков; относительная территориальная близость расположения компаний-участников; стратегическое планирование; развитость институциональной платформы (обеспечение мер правовой поддержки развития экотехнопарков); экологическая осведомленность в компаниях; разнообразие участников и видов деятельности; сбалансированные взаимозависимые отношения между партнерами; единая организационная культура участников экотехнопарка; обеспечение информационными ресурсами; реалистичные ожидания компаний; активное участие в управлении экотехнопарком; выполнение принятых обязательств; постоянное развитие; организация координационного центра; внедрение механизма неформального контроля; политическая поддержка.

Особое место занимает экологический контроль на уровне всего экотехнопарка. В процессе производственного экологического контроля решаются задачи по обеспечению информационной поддержки оценки соответствия экотехнопарка требованиям стандартов экологической эффективности.

Правильно организованный экологический контроль внутри экотехнопарка позволяет компаниям, которые входят в экотехнопарк, быть уверенными в том, что их участие в совместной промышленной деятельности не накладывает на них дополнительной ответственности за возможное несоблюдение требований природоохранного законодательства другими партнерами.

1.13 Примеры создания и развития экотехнопарков в мире

1) Германия. Экотехнопарки и объекты со схожими характеристиками были созданы на всей территории Германии с наибольшей концентрацией в западной области – Северной Рейн-Вестфалии, большинство было создано в 1990-е гг.

В Германии реализуются различные модели управления экотехнопарками:
– «модель основного пользователя» (или «модель якорного арендатора») (например, Dow ValuePark в Шкопау) предполагает, что крупный инвестор владеет

территорией (территориями) экотехнопарка, сдаёт в аренду другим компаниям промышленные площадки и является координатором экотехнопарка;

– «модель обслуживающей компании» (например, InfraLeuna) основные инвесторы одновременно являются акционерами управляющей компании. Административный орган может быть полностью независимым. Обслуживающая компания владеет землёй, сдаёт или иногда продает помещения другим компаниям [8].

В Германии экотехнопарки являются инструментом экономического развития. Различают муниципальные и частные экотехнопарки. Для муниципальных экотехнопарков муниципалитет предоставляет необходимую инфраструктуру и коммунальные услуги для привлечения компаний-участников. Развитие частных экотехнопарков иногда также было инициировано местным правительством, но изначально подобные объекты формировались с целью создания взаимосвязанных промышленных комплексов, управляемых главным образом частным юридическим лицом.

В целом государственные инструменты поддержки или управления развитием экотехнопарков включают гранты, кредиты и системы финансового стимулирования, программы в области образования и НИОКР (ресурсо- и энергосберегающие материалы, экологически чистые технологии, научно-исследовательская программа «Безотходный парк» и т. д.), поддержка сотрудничества (на региональном, национальном или европейском уровне), информационное обеспечение (интернет-платформы, базы данных и т. д.), предоставление инфраструктуры и коммунальных услуг (очистка сточных вод, утилизация отходов и т. д.), законы, правила и положения (стандарты энергоэффективности и т. д.), рыночные механизмы (доступ к дешёвой энергии и сырью, снижение налогов и т. д.), передача технологий (доступ к новым технологиям).

Другие инструменты основаны на ответственности промышленных предприятий. При добровольных обязательствах предприятия заявляют свои среднесрочные и долгосрочные цели в области сокращения выбросов, сбросов или применения экологически чистых продуктов. Это в свою очередь способствует развитию законодательной базы.

Таким образом, развитие экотехнопарков в Германии в большей мере зависит не от конкретной стратегии правительства, а от действий промышленных предприятий, которые должны соблюдать законы и правила (например, природоохранное законодательство), желают максимизировать свою прибыль (посредством использования энергии и ресурсов, промышленного симбиоза и т. д.), желают извлечь выгоду из предлагаемых стимулов [8, 31-47].

Так, например, в основе создания экотехнопарка Dow ValuePark находится концепция «*Vision Zero*», предполагающая безаварийность работы экотехнопарка и нулевой ущерб окружающей среде.

Dow ValuePark фокусируется на потребностях производителей химических продуктов. Главной целью взаимодействия партнеров в экотехнопарке является реализация долгосрочного промышленного симбиоза путём интеграции материальных потоков, логистики, общей инфраструктуры и услуг для уменьшения использования природных ресурсов. В экотехнопарке обеспечиваются следующие услуги: консультирование по планированию и получению экологических разрешений, очистка сточных вод, сжигание отходов, межфирменный транспорт и логистика, аварийные службы, услуги по лабораторному аналитическому контролю, железнодорожная диспетчеризация, различные коммунальные услуги (водоснабжение, энергообеспечение и т. д.).

Dow ValuePark – пример частного экотехнопарка. Он был создан в 1998 г. крупным химическим предприятием Dow Olefinverbund GmbH и его дочерним предприятием Dow Bsl при поддержке Федеральных земель Саксония-Анхальт и Саксония. Экотехнопарк был построен на месте рекультивированной производственной зоны, где находился первый в Германии промышленный производитель синтетического каучука Bruna. Экотехнопарк расположен в небольшом городке Шкопау (около 3 500 жителей) в центральном немецком регионе недалеко от городов Лейпциг, Галле и Дессау. Он имеет площадь 100 га и 15 основных зданий (около 50 000 м²). Его главная цель – обеспечение площадью производителей резины для создания долгосрочных отношений и повышения производительности и привлекательности региона. Идея создания экотехнопарка состояла в организации

территории с дополнительными услугами для поставщиков и фирм для совместного использования инфраструктурных объектов и услуг, поставки сырья и услуг, покупки и производства продукции.

Подобная сеть характеризуется наличием крупной химической компании Dow Olefinverbund GmbH и 13 вторичных фирм, связанных с основной. Dow Olefinverbund GmbH является первичным производителем и играет роль якорного резидента экотехнопарка. Среди 13 компаний шесть фирм идентифицированы как вторичные производители и одна в качестве первичного. Производители второго порядка состоят в симбиотических отношениях с якорной компанией и занимаются производством полиолефинов, стрейчплёнок, модификаторов, окон ПВХ и других пластмассовых изделий, в то время как первичный производитель поставляет Dow Olefinverbund GmbH деревянные поддоны [24]. Остальные шесть компаний в экотехнопарке обозначены как потребители. Их деятельность связана в основном с транспортировкой и логистикой.

Компании – потенциальные участники экотехнопарка тщательно отбираются якорной компанией Dow Olefinverbund GmbH и должны быть связаны с её основной деятельностью. Основным требованием для участников экотехнопарка является готовность к созданию долгосрочных отношений с другими фирмами в экотехнопарке.

Основные фирмы-участники экотехнопарка Dow ValuePark:

- Dow Olefinverbund GmbH, якорная компания;
- EVC GmbH, крупнейший в Европе производитель ПВХ;
- Hohe GmbH, логистическая фирма в химической промышленности;
- Kurotec GmbH, производитель труб из стекловолокна;
- Manuli Stretch GmbH, производитель стрейч-плёнки, биаксиально-ориентированной полипропиленовой плёнки и самоклеящейся плёнки;
- Pasesc Industrieverpackung GmbH, производитель деревянных поддонов;
- RP-Compound GmbH, производитель резиновых изделий.

Кроме того, экотехнопарк связан с основными городами Восточной и Центральной Европы, являющимися важными рынками в сфере резиновой промышленности. Экотехнопарк находится в близком доступе к автомагистралям с севера

на юг (Берлин-Мюнхен) и с востока на запад (Дрезден-Магдебург), а также к Лейпцигскому аэропорту.

На территории экотехнопарка в общем пользовании всех фирм-участников находятся: установка очистки сточных вод; три системы охлаждения; противопожарная система, непосредственно связанная с ближайшей пожарной станцией; два склада и логистический центр; центр исследований и разработок новых технологий, принадлежащий компании Dow; два завода по переработке отходов; электростанция и система совместного производства тепла и электроэнергии.

Кроме того, Dow ValuePark предлагает дополнительные услуги, разделённые на три основные категории: консультационные услуги, обращение с отходами, кадровые вопросы.

Экотехнопарк предоставляет постоянные рекомендации для потенциальных и уже вовлечённых фирм-участников относительно бизнес-планирования и расчёта суммы инвестиций для размещения в экотехнопарке; получения экологических разрешений; привлечения денежных средств.

Экологические услуги экотехнопарка включают следующее: обработку сточных вод; термическую обработку отходов; контроль образования промышленных отходов и загрязнения окружающей среды; хранение продукции; регулярное техническое обслуживание; лабораторные исследования.

Услуги по управлению персоналом связаны: с оказанием помощи в подборе квалифицированных кадров для химической промышленности; бесплатными тренингами в учебном центре компании Dow; рекрутингом сотрудников через базу данных экотехнопарка.

Dow непосредственно пропагандирует образ Dow ValuePark и его основные преимущества на местном уровне и во всём мире. На веб-сайте экотехнопарка потенциальные фирмы могут найти всю информацию об экотехнопарке и его основных инфраструктурных объектах и услугах. Кроме того, Dow организует мероприятия, конференции и семинары не только для фирм и предпринимателей, но и для студентов и исследователей.

2) Финляндия. В Финляндии создано несколько саморазвивающихся экотехнопарков с каскадной системой использования энергии. Среди них можно выделить Uimaharju Industrial Area, Harjavalta Industrial Eco-Park, Kymi Eco-Industrial Park, Rantasalmi Eco-Industrial Park.

Экотехнопарк Harjavalta Industrial Eco-Park включает 13 компаний. Основными резидентами экотехнопарка являются медно-никелевые плавильные заводы Boliden Harjavalta Oy, никелерафинировочный завод Norilsk Nickel Harjavalta, производитель энергии Porin Lämpövoima, водородный завод AGA, завод по производству серной кислоты Yara. В дополнение к этим основным участникам, между которыми установлены симбиотические обмены (энергетические каскадные связи и обмены материальными потоками), экотехнопарк также включает услуги более чем 100 субподрядчиков.

Основными материальными потоками экотехнопарка являются электричество, тепло, медь, железо, водород, азот, кислород, аргон, серная кислота, диоксид серы, сульфат алюминия, аммиак, гипс.

В дополнение к кластеру металлургической промышленности в экотехнопарке расположены и другие производственные предприятия. Разнообразие производственных объектов на одной площадке является явным преимуществом в развитии рассматриваемого экотехнопарка.

Экотехнопарк занимается разработкой экологически эффективных мероприятий на протяжении более 60 лет. Он расположен в городе Харьявалта с населением в 7 500 человек (на 2012 г.), при этом в экотехнопарке Harjavalta Industrial Eco-Park работает более 1 000 человек. После Второй мировой войны, когда Финляндия испытывала дефицит энергии, медедобывающая компания (Outokumpu, в настоящее время – производитель нержавеющей стали) создала технологию «автогенной плавки» (или «флэш» плавки): в данном процессе для поддержания процессов плавки используется тепло, выделяемое при окислении металла. Позднее были реализованы сети сотрудничества между различными отраслями промышленности. Важную роль в стимулировании компаний к экологически инновационной деятельности сыграла государственная поддержка.

К достижениям экотехнопарка можно отнести повышение ресурсо- и энергоэффективности, повышение эффективности в логистическом обеспечении, повышение безопасности путём укрепления сотрудничества.

Для дальнейшего развития экотехнопарка Harjavalta Industrial Eco-Park в направлении организации новых симбиотических связей имеется высокий потенциал, к примеру, существует возможность повторного использования вторичных энергетических ресурсов для теплиц, разработки новых методов применения медного и никелевого шлаков, использования древесины в качестве локального источника энергии и т.д. [21, 42].

3) Япония. В Японии промышленное развитие на основе результатов анализа материальных потоков имеет длительную историю. Правительство Японии разработало всеобъемлющую правовую основу для стимулирования развития отходоперерабатывающей промышленности. В ней можно выделить:

- Основной закон о создании общества, основанного на вторичной переработке;
- Закон об удалении отходов и общественной чистке;
- Закон о содействии эффективному использованию ресурсов.

Принятые законы способствовали созданию японской программы развития «экогородов» (Eco-town concept) (1997 г.), которая должна была способствовать развитию промышленного и городского симбиозов. Основными целями разработки программы «Экогород» стали:

- стимулирование развития местной экономики путём поддержки реализации природоохранных мероприятий с использованием промышленного потенциала каждого региона;
- создание интегрированных региональных систем, существующих в гармонии с окружающей средой, и вовлечение в этот процесс всех заинтересованных сторон.

Основную концепцию в реализации экогородов (в сущности говоря, коммунально-промышленных экотехнопарков) составляют принципы 3R – Reduce, Reuse, Recycle (предотвращение образования, повторное использование, переработка). Всего создано 26 Экогорода, 14 из которых фокусируются на развитии природоохранных технологий.

Почти все проекты программы «Экогород» инициируются и управляются муниципалитетами. Политика правительства и государственное субсидирование, а также повышение уровня экологической образованности населения являются основными факторами успеха экологической инновационной деятельности в Японии [48-51].

Разработанный местным муниципалитетом в сотрудничестве с ведущими промышленными отраслями экотехнопарк Kitakyushu Eco-Town стал первым проектом программы «Экогород», одобренным к реализации правительством Японии в 1997 г. Целью его создания было преобразование крупного промышленного кластера с предприятиями металлургической, обрабатывающей и химической промышленности, который характеризовался высоким уровнем негативного воздействия на окружающую среду, в экологически безопасный, высокотехнологичный региональный комплекс и уменьшение выбросов в атмосферу и сбросов в водные объекты (главным образом, в воды залива Дохай). Предполагалось на месте промышленного района города Китакюсю создать международный центр для привлечения экологических компаний, разработать комплексный пакет поддержки экологического образования (например, посредством организации экологических туристических экскурсий, исследований и развития технологий, их коммерциализации).

Основной задачей создания экотехнопарка Kitakyushu Eco-Town было развитие отходоперерабатывающей промышленности.

Экотехнопарк Kitakyushu Eco-Town включает несколько зон (рисунок 1.1): экологический промышленный комплекс, проектно-исследовательский кластер и район переработки отходов Хибики. Компании, входящие в экотехнопарк, работают в различных секторах: сектор переработки (ПЭТ-бутылки, оргтехника, автомобили, бытовые электроприборы, люминесцентные лампы, медицинское оборудование и смешанные строительные отходы), сталелитейная, химическая, автомобильная, керамическая и цементная промышленность.

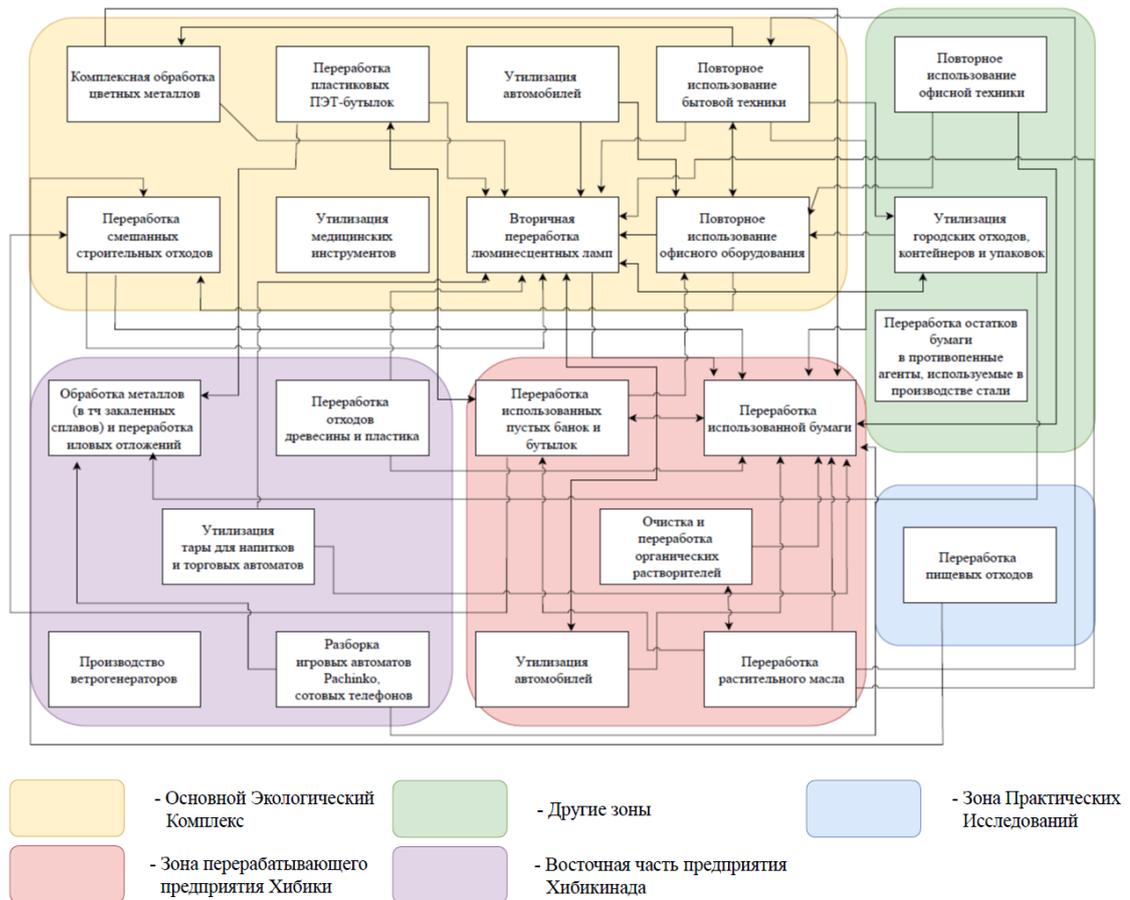


Рисунок 1.1 – Схема экотехнопарка Kitakyushu Eco-Town (Япония) [51]

В экотехнопарке в постоянном взаимодействии находятся проектно-исследовательский кластер в области развития технологий использования и переработки отходов и группа небольших предприятий по переработке отходов. Такое взаимодействие привело к разработке инновационных решений в отходоперерабатывающей промышленности, к примеру, внедрение повторного использования флуоресцентных ламп или повышение уровня переработки (утилизируемости) автомобилей до 99 % [50].

Основные факторы успеха функционирования экотехнопарка заключаются в вовлечении в процесс переработки большого количества различных видов отходов, развитой инфраструктуры, доступности технологий переработки отходов с использованием действующих перерабатывающих производств, в кооперации с научно-исследовательскими институтами, а также в наличии спроса на производимую продукцию.

4) Китай. Национальная экологическая стратегия развития Китая основана на научном подходе к промышленному развитию посредством внедрения экологических инноваций. Такое развитие поддерживает сложная институциональная основа в области охраны окружающей среды (в отношении экологически чистого производства, энергетики и т.д.). С конца 1990-х гг. в Китае при значительной поддержке со стороны центрального правительства стали серьёзно изучать потенциал экологического промышленного развития, с тем чтобы повысить как экономические, так и экологические показатели промышленных предприятий посредством реализации схем более эффективного использования ресурсов, включая каскадирование энергии, переработку отходов, экодизайн и т.д.

В 2001 г. был разработан первый проект демонстрационного экотехнопарка на базе компании по производству сахара Guangxi Guigang. Однако отсутствие ясного механизма преобразования промышленного парка в экотехнопарк привело к низкому уровню интереса среди руководства индустриального парка для участия в этой добровольной программе.

Государственное управление по охране окружающей среды Китая определяет экотехнопарк как «новый тип промышленного парка, спроектированный в соответствии с требованиями экологически чистого производства и концепцией экономики замкнутого цикла. С помощью повторного использования материалов и энергии экотехнопарк объединяет на одной территории различные типы предприятий, участвующие в симбиозе, в котором ресурсы разделяются, а побочные продукты взаимозаменяемы. Отходы или побочные продукты одного предприятия могут стать сырьём или энергетическим ресурсом другого. Подобно природным экологическим системам, в экотехнопарке организовано замкнутое использование материалов и образуется минимальное количество отходов посредством механизма циркуляции «производитель-потребитель-переработчик», который стремится к многоуровневому использованию ресурсов и минимальному объёму образования отходов» [52-61].

В настоящее время в Китае действует стандарт национальных демонстрационных экотехнопарков HJ 274-2015. Этот стандарт является ключевым документом в

процессе сертификации экотехнопарков. В нём содержатся 32 показателя по пяти категориям эффективности экотехнопарков: экономическое развитие, промышленный симбиоз, экономия ресурсов, охрана окружающей среды, публикация информации.

Beijiang Power Plant Complex является примером эффективного использования водных и энергетических ресурсов и восстановления нарушенных земель [55].

Первый этап проекта был запущен в 2005 г. руководством города Тяньцзинь. Цель его заключалась в строительстве двух генераторов мощностью 1 000 МВт, обеспечивающих около 200 000 м³ пресной воды в день в качестве совместного продукта производства электроэнергии и опреснительной установки.

В дополнение к электростанции в комплекс входят система обессоливания, установка для производства морской соли и химический завод. На месте была создана симбиотическая сеть, которая включает в себя рекуперацию отходов и обмен побочными продуктами (например, использование золы, которая образуется как продукт сжигания угля, для производства кирпича). Завод Beijiang подписал соглашения со строительными компаниями о том, чтобы поставлять 100 % восстановленной золы.

Наряду с координационным центром и экономической добавленной стоимостью, выгодное местоположение является ключевым фактором успеха для этого проекта: комплекс был спроектирован с учётом близкого расположения объектов промышленности друг с другом.

Второй этап проекта начался в 2010 г. Он предполагал строительство ещё двух аналогичных промышленных блоков мощностью 1 000 МВт. В комплексе система может обеспечить 400 000 м³ пресной воды в день, а также 11 млрд кВт·ч электроэнергии и 450 000 т соли.

Предприятие EcoPark в Гонконге является первым кластером в агломерации, функционирующим в области утилизации отходов и экологической инженерии [58]. Экотехнопарк был создан для содействия развитию местной перерабатывающей промышленности.

В настоящее время в экотехнопарке работают предприятия в области переработки различных видов отходов: отработанное растительное масло (производство биодизеля), отходы электронного и электротехнического оборудования, металлы, пластмассы, древесина, автомобильные аккумуляторы, резиновые шины и строительные отходы. Участники экотехнопарка должны соблюдать установленные руководством экотехнопарка экологические требования.

Кроме того, EcoPark включает в себя «зелёные» инфраструктурные объекты и оборудование: различные переработанные материалы используются для создания пешеходных дорожек и дорог, на крышах зданий экотехнопарка размещены солнечные батареи, в офисных зданиях установлены солнечные трубки для рассеивания естественного света и т.д.

Факторами успеха экотехнопарка EcoPark являются политическая поддержка государства и наличие координационного органа.

1.14 Технологии восстановления, переработки, повторного использования и замещения природных ресурсов вторичными ресурсами (отходами)

С точки зрения разработки экологически безопасных технологий и материалов, процессов подготовки и повышения качества продукции, утилизации промышленных отходов, основными являются технологии восстановления, переработки, повторного использования и замещения природных ресурсов вторичными ресурсами (отходами). Технологии, позволяющие компаниям использовать вторичные ресурсы, которое в ином случае необходимо было бы удалить из промышленной экосистемы в качестве отходов, являются центральными (ключевыми) для создания промышленных симбиотических взаимодействий внутри экотехнопарка. К таким технологиям относятся технологии восстановления, реализация которых позволяет извлечь ценные компоненты из отходов; технологии переработки, с помощью которых обрабатываются побочные продукты с целью повторного использования; и технологические решения, внедрение которых позволяет использовать в производстве ранее неиспользуемые отходы.

Хотя ни одна из этих технологий не является уникальной сама по себе, правильно встроенная в промышленный организм экотехнопарка, она будет играть важную роль в укреплении симбиотических связей между его участниками. Технологии восстановления и рециркуляции могут быть экономически оправданными только при обработке относительно большого количества материала с использованием эффекта экономической диверсификации. Это очевидно, например, при использовании технологий утилизации резиносодержащих отходов.

1.15 Проблема образования резиносодержащих отходов. Загрязнение территорий и земельных участков

Активное развитие транспорта, а также шинной промышленности приводит к значительному образованию вышедших из эксплуатации шин, проблема утилизации которых остро стоит во всех индустриально развитых странах.

Уровень утилизации отработанных шин в различных странах колеблется в пределах от 10-15 % и почти до 100 % в Германии, Японии и скандинавских странах; средний уровень переработки отработавших шин в государствах – членах ЕС составляет 82 %.

Например, во Франции 18 % отработавших шин сжигают, 21 % измельчают в резиновую крошку (РК), 11 % используют в парках, портах, 46 % находят возможность восстановления, остальные размещают бесконтрольно. В Японии сжигают около 65-70 % отработавших шин, в Германии – 45-50 %, в Великобритании – около 30 %.

В 2018 г. в США было зарегистрировано около 9,2 млн тонн отходов резины [62]. Из 9,2 млн т образующихся резиновых отходов только 1,7 млн т были признаны пригодными для вторичной переработки. Количество резиновых отходов, сожженных для получения энергии и захороненных на полигонах в 2018 г. составило 7,2 % и 3,4 % соответственно [63].

Помимо шин, до 30 % рынка резины составляют РТИ общего назначения, такие как ремни, шланги, трубы, а также потребительские товары, такие как обувь,

игрушки, товары для спорта и отдыха. В настоящее время предпринимается недостаточно усилий по переработке отходов, образующихся в секторе РТИ общего потребления. Переработка и повторное использование РТИ общего потребления составляет всего 1,5 % от общего объема образующихся отходов.

В Австралии ежегодно образуется около 450 000 т отходов шин. В Национальном отчете об отходах 2018 г., шины отнесены к категории опасных отходов в связи с их пожароопасностью, а также к категории "контролируемые отходы". Также отмечается, что значительные запасы шин были выброшены на свалку или неэффективно утилизировались в последние годы [64].

В России ситуация с переработкой изношенных автомобильными шин также является достаточно сложной, при этом их захоронение запрещено (распоряжение Правительства РФ от 25.07.2017 № 1589-р) [65].

Следует отметить разные данные по объёмам ежегодного образования и утилизации изношенных шин. Например, по данным Федеральной службы государственной статистики среднегодовой показатель образования изношенных шин, которые пригодны для утилизации, находится в диапазоне 700-800 тыс. т (рисунок 1.2).

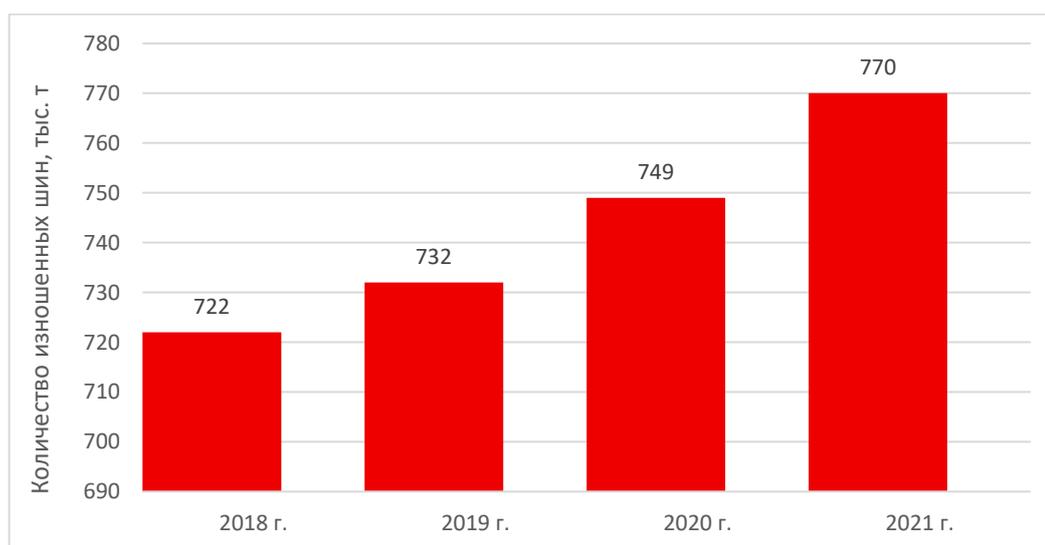


Рисунок 1.2 – Количество изношенных шин в России в 2018-2021 гг., тыс. т [66]

В марте 2024 г. в рамках доклада на Всероссийской конференции производителей резиновых покрытий и переработчиков изношенных шин были приведены

сведения об общих объемах образования и утилизации шин по федеральным округам РФ (таблица 1.4). Из данных таблицы 1.4 видно, что всего образовано 944,1 тыс. т изношенных шин, включая грузовые, легковые и сельскохозяйственные шины. При этом объем их утилизации составил порядка 42 %. Причем, максимальный объем образования и процент утилизации шин характерен для Центрального федерального округа и составляет 233,8 тыс. т и 92 % соответственно.

По данным Публично-правовой компании по обращению с твердыми коммунальными отходами «Российский экологический оператор» (ППК РЭО) [67] за 2022 г., отходов шин образовано примерно 1 млн т в год, утилизационные мощности в стране позволяют переработать до 400 тыс. т изношенных шин и резиносодержащих отходов, однако, по экспертной оценке участников рынка переработки, утилизируется от 150 до 180 тыс. т.

По данным Ассоциации «Шиноэкология» [68] в России ежегодно реализуется до 1 млн т шин (из них 60 % приходится на производство в России, 40 % - поступление по импорту).

Согласно источнику [69] в целом по России доля утилизированных изношенных шин от общего объема составляет 36 %. Структура ежегодно образующихся изношенных шин приведена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Структура ежегодно образующихся изношенных шин

Показатель	Объем образующихся изношенных шин, т	Объем неутилизированных шин, т
Легковые автомобили	490 512	416 935
Пассажирские автомобили	20 334	3050
Грузовые автомобили	195 897	29 385
Всего	706 743	449 370

Таблица 1.4 – Объемы образования и утилизации шин по федеральным округам Российской Федерации

№	Федеральный округ	Население, млн. чел.	Массовые шины (грузовые + легковые), тыс. т	Крупногабаритные и сверхкрупногабаритные шины, тыс. т	Сельхоз. шины, тыс. т	Итого изношенных шин, тыс. т	Установленные мощности по утилизации шин, тыс. т	Объем утилизации тыс. т	Объем утилизации, %
1	Северо-Западный	14	70	7,1	4,0	81,1	62	36,8	45
2	Центральный	40	200	11,0	20,8	233,8	311,2	214,8	92
3	Приволжский	29	145	18,2	18,4	181,6	46,8	31,1	17
4	Южный	16	80	2,8	12,8	95,6	42,5	20,0	21
5	Северо-Кавказский	10	50	7,2	7,2	64,4	13,0	6,0	9
6	Уральский	12	60	50	4,8	114,8	39,0	20,30	18
7	Сибирский	17	85	20,4	9,6	115,0	84,0	62,5	54
8	Дальневосточный	8	40	15,4	2,4	57,8	14,5	7,2	12
	Итого	146	730	132,1	80	944,1	613	398,7	42

1.16 Экологические аспекты накопления изношенных шин и резиносодержащих отходов

В соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО) на территории РФ изношенные шины отнесены к IV классу опасности (малоопасные).

Вышедшие из эксплуатации изношенные шины прямого вреда не наносят здоровью человека, но устойчивы к различным воздействиям. Из-за крайне медленного разложения, этот материал скапливается в огромных количествах на свалках, как официальных, так и несанкционированных, на промышленных площадках, в карьерах в местах добычи полезных ископаемых, где эксплуатируются крупногабаритные шины (КГШ) и сверхкрупногабаритные шины (СКГШ) [70]. Это приводит к увеличению площади свалок, которые становятся благоприятной средой для размножения насекомых, переносящих болезни.

Кроме того, хаотичное размещение отработавших шин на поверхности земельных угодий, не оснащенных непроницаемой поверхностью, негативно сказывается на состоянии флоры и фауны, а также на водные объекты. Следует также учитывать, что в природных условиях отработавшие шины подвергаются деструкции весьма медленно и могут накапливаться на рельефе местности неопределенно долгое время.

Накопление отработанных шин представляет серьезную угрозу для здоровья людей и состояния окружающей среды. Эти отходы крайне медленно разлагаются естественным путем, оставаясь практически неизменными на протяжении десятилетий и оказывая долгосрочное негативное воздействие на экологию [71]. Свалки, водоемы и захоронения, содержащие шины, становятся источником загрязнения, так как период их разложения превышает 100 лет. Дождевая и грунтовая вода, контактируя с шинами, вымывает из них токсичные химические соединения, такие как дифениламин, дибутилфталат и фенантрен [72]. Усугубляет проблему разнообразие химического состава шин, поскольку в разных странах производители исполь-

зуют различные добавки (пластификаторы, умягчители и пр.), что делает прогнозирование выбросов загрязняющих веществ невозможным. Все эти соединения попадают в почву, загрязняя ее. Кроме того, форма шин и специфичный вес (с наличием пустот) не допускают регулируемого уплотнения свалки [73].

В пустотах изношенных шин собирается дождевая вода, солнечные лучи сильно прогревают шины, при этом тепло в резине сохраняется в течение длительного времени. Эти факторы влекут за собой недооцененную опасность для здоровья людей, поскольку делают свалки шин идеальным местом для развития множества болезнетворных организмов.

Шины обладают высокой пожароопасностью, а продукты их неконтролируемого сжигания оказывают крайне вредное влияние на природу и человека. Отсутствие полного контроля за отходами, поджоги, самовозгорание ведут к продолжительным пожарам на свалках. Нагромождения шин могут по тем или иным причинам возгораться. Тушение таких объектов весьма затруднительно, изношенные шины могут гореть в течение месяца с образованием плотного дыма, содержащего частицы технического углерода и многочисленные вредные продукты горения [74, 75].

Одним из главных факторов, оказывающим негативное воздействие отработанных автомобильных шин на окружающую среду, является их горение при термической переработке, которая зачастую осуществляется в ненадлежащих условиях [76], а также при пожарах, возникающих в период их хранения на несанкционированных свалках (рисунок 1.3) [77].



Рисунок 1.3 – Свалка резиновых шин, охваченная огнем

При сжигании 1 т отработанных шин на открытом воздухе образуется [78]:

- до 200 кг жидких отходов, представляющих собой смесь жидких углеводородов, которые по физико-химическим свойствам можно отождествить с нефтепродуктами;
- до 350 кг твердых отходов в виде несгоревших остатков и золы с вкраплениями металлического корда;
- до 450 кг токсичных газообразных продуктов, которые высвобождаются в процессе горения и загрязняют атмосферу.

1.17 Технологии переработки изношенных шин

В целом автомобильная изношенная шина представляет собой ценное вторичное резиносодержащее сырье. В 1 т автомобильных шин содержится около 700 кг резины, которая может быть повторно использована для производства топлива, технического углерода, в составе РТИ и материалов дорожно-строительного назначения.

К основным методам переработки изношенных шин, утративших эксплуатационные характеристики, относят:

- *механическое дробление (измельчение)*. Такой метод переработки считается наиболее экологически чистым. Механическое дробление шин позволяет получать РК различных фракций: от порошка до гранул;
- *пиролиз*. Метод подразумевает каталитическое или некаталитическое термическое разложение шин и РК в бескислородной среде, в вакууме, в атмосфере водорода, в псевдокипящем слое, в различных реакторах периодического и непрерывного действия, при различных температурах с получением пиролизного масла и топлива, технического углерода, газа и металлокорда;
- *восстановление*. Выделяют три разновидности: нарезка, горячая и холодная вулканизация. Нарезка включает нанесение протектора на дополнительный защитный слой резины, который находится под основным протектором. Применение способа ограничено – только для покрышек с пометкой Regroovable. Основу тех-

нологий горячей и холодной вулканизации составляет наращивание нового протектора, отличие методов только в температуре процесса. Этот метод применяется в основном для покрышек грузового автотранспорта в связи с высокой стоимостью процедуры восстановления;

- *сжигание в цементных печах.* Резиновые отходы являются высокоэнергетическим продуктом, при их сжигании исходные продукты полностью разрушаются с выделением значительного количества тепловой энергии. По энергетическому потенциалу автомобильные шины соизмеримы с высококачественным углем.

Различают несколько способов по получению измельченных резиновых шин, которые в зарубежной практике обозначаются GTR (Ground Tire Rubber). К наиболее широко применяемым технологиям, позволяющим получить РК с большей удельной поверхностью частиц, относят механическое измельчение при атмосферной температуре, водоструйное или криогенное измельчение резины.

На рисунке 1.4 показано, что криогенное измельчение обеспечивает более гладкую поверхность резиновых частиц по сравнению с процессом при комнатной температуре. В результате, частицы, полученные с помощью криогенных технологий, обладают меньшей шероховатостью и удельной поверхностью, что влияет на их физическое связывание с полимерными матрицами (термопластами, реактопластами или природным каучуком) в процессе смешивания. Однако, затраты на криогенное измельчение для получения частиц меньшего размера (<100 мкм) оказываются ниже по сравнению с измельчением при атмосферной температуре, хотя использование большого объема жидкого азота значительно увеличивает производственные расходы. В любом случае, окончательный размер частиц определяется количеством циклов измельчения и временем, проведенным в процессе [79].

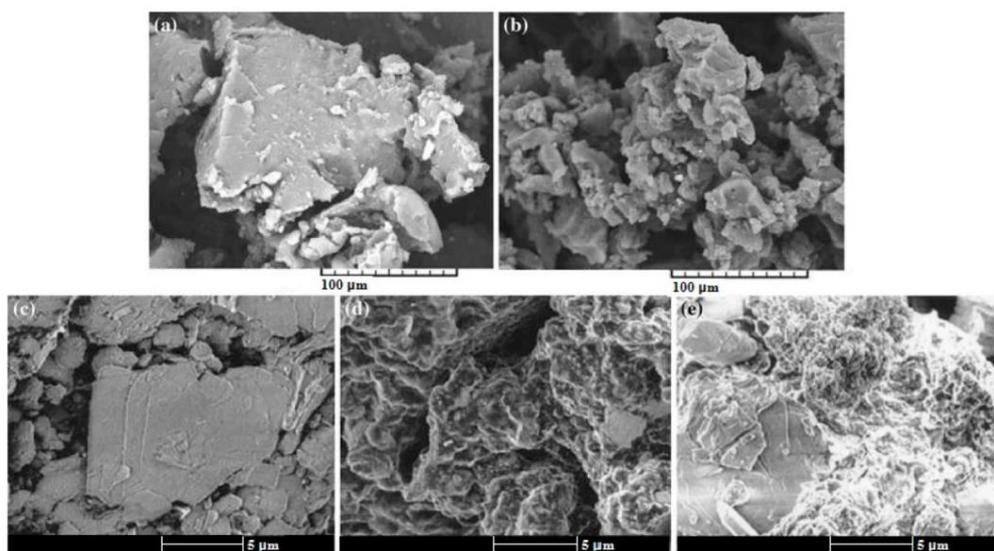


Рисунок 1.4 – Характерное состояние поверхности частиц мелкодисперсной резины из автомобильных шин (КРШ), полученных в результате разных процессов измельчения: (а) механического при атмосферной температуре, (б) водоструйного, (с) криогенного-штифтового, (д) роторного и (е) криогенно-роторного измельчения [79]

Отработанные шины содержат натуральные и синтетические каучуки, которые являются подходящими армирующими материалами для производства композитов. Введение КРШ снижает не только стоимость конечной продукции, но и значительные объемы использования дорожно-строительных материалов. Например, применение КРШ в качестве мелкого наполнителя в асфальтобетонной смеси используется при строительстве и ремонте автомагистралей, улучшая качество дорожного покрытия (отмечено снижение колейности, повышение термической стабильности и устойчивости к старению) [80]. Переработанные отходы шин также используются при строительстве в качестве наполнителей цементных растворов для производства бетонных композиций, более устойчивых к изгибу, динамическим нагрузкам и растрескиванию [81]. Смешивание КРШ с полимерными матрицами (реактопластами, термопластами и каучуками) позволяет получить недорогие и экологически чистые композитные смеси, которые используются в различных областях (при производстве резиносодержащих ковриков, поверхностей игровых площадок, спортивных дорожек, автомобильных деталей и др.) [82, 83].

Самым большим рынком сбыта РК является производство различных покрытий – до 50 % потребления РК [84].

Отмечается, что вторичное сырье, получаемое из отходов шин, является востребованным и представляет ценность при производстве различных товаров [85]. Большинство предприятий утилизации выпускают продукцию низкого передела – РК фракции 2-5 мм. Такая продукция используется в производстве напольных покрытий, различных укрывных материалов.

Дробленую резину различной степени измельчения применяют при восстановительном ремонте шин, в качестве материала покрытий спортивных площадок, настила полов и матов, для фильтров по очистке воды, при изготовлении резино-битумных мастик и герметиков, кровельных материалов, а также при устройстве асфальтобетонных покрытий [86].

РК, полученная в результате переработки изношенных шин, исходя из своего размера, имеет разные области практического применения (таблица 1.6) [66].

Таблица 1.6 – Область применения РК

Фракции, мм	Назначение
0,6-0,8	Модификатор для асфальтобетонной смеси или битума
до 1	Рулонные покрытия
1-3	Наливные покрытия для детских и спортивных площадок; верхний слой двухслойной резиновой плитки, рулонные покрытия
3-5	Наливные покрытия для спортивных площадок
5-10	Нижний слой двухслойной резиновой плитки

1.18 Применение резиновой крошки в дорожном строительстве

Важным и актуальным направлением является вторичное использование РК, в том числе, в области дорожного хозяйства, например, при производстве асфальтобетонных смесей и гидроизоляционных материалов. При этом с технической точки зрения должно выполняться основное условие: использование РК в дорожно-

строительных материалах не должно ухудшать эксплуатационные характеристики автомобильной дороги. В дорожном строительстве РК применяется, в основном, в качестве модификатора битума или асфальтобетонных смесей.

Модифицированные битумы нашли свое применение практически во всех странах при производстве всех видов асфальтобетонных смесей, различных видов покрытий, герметизации поверхностей, гидроизоляции и др. Самый распространенный метод получения модифицированного битума для дорожных покрытий - модификация эластомерами. Категория *эластомеров* включает в себя широкий спектр продуктов, таких как натуральный каучук (NR), стирол-бутадиеновый каучук (SBR), стирол-бутадиен-стирольный сополимер (SBS; известен как термопластичный эластомер), стирол-изопрен-стирольный сополимер (SIS), полиуретановый каучук, полиэфир-полиэфирный сополимер, олефиновые сополимеры, этилен-пропиленовый каучук (EPR) и др. [87]. SBS, SBR, SIS используются наиболее широко, NR – в меньшей степени. Кроме того, косвенно к категории эластомеров относится и резиновая крошка из изношенных шин.

В зарубежной практике дорожного строительства широко используются битумы, модифицированные полимером типа SBS или РК. При этом битум, модифицированный добавкой в составе с РК, имеет значительные экологические преимущества и применяется для улучшения физико-механических свойств вяжущего и асфальтобетона (обладает более высокой устойчивостью к колееобразованию, постоянной деформации, усталостному и термическому растрескиванию) [88].

При использовании дробленой изношенной резины, включающей в себя помимо натурального и/или синтетического каучука различные наполнители (углеродную сажу, серу, диоксид кремния, оксид цинка и др.), процесс смешивания с битумом достаточно сложный. Поскольку наполнители полностью в битуме не растворяются, полученный полимерно-битумный вяжущий продукт не будет полностью однородным.

В основе процесса взаимодействия битума и резины, как и в случае получения полимерно-битумного вяжущего, лежит преимущественно набухание, которое

значительно изменяет механические свойства как битумной, так и резиновой матрицы. Полученный модифицированный резиновой крошкой битум рассматривается как бинарная композитная система, в которой частицы резины внедрены в битумную матрицу.

В настоящее время в зарубежных исследованиях значительное место отводится более глубокому изучению процесса смешивания частиц РК в битуме.

Кроме того, в связи с тем, что частицы РК частично набухают и плавятся при смешивании с горячим битумом, дополнительно следует учитывать, что после уплотнения асфальтобетонной смеси в структуре асфальтобетона могут формироваться включения нерасплавленных частиц РК ввиду наличия в составе резины различных наполнителей, не растворимых в битуме полностью.

В дорожном хозяйстве с целью повышения эксплуатационных характеристик асфальтобетона РК наиболее мелкой фракции предлагается применять при производстве добавок в асфальтобетонные смеси в качестве модификатора.

В настоящее время для повышения сроков службы асфальтобетонных покрытий разработаны специальные композиционные вяжущие, среди которых следует выделить полимерно-битумные, битумно-каучуковые, в том числе, и битумы, модифицированные РК. Выбор определенного вида модификатора и подбор оптимального состава асфальтобетонной смеси осуществляется в соответствии с требованиями к применяемым компонентам и зависит от категории дороги и природно-климатических условий района строительства и др. факторов.

Зарубежный опыт использования асфальтобетонов с добавками дробленой резины насчитывает несколько десятилетий и подтверждает, что при соблюдении оптимальных составов и технологических режимов производства применение РК с размерами частиц от 0,5 до 1,0 мм в качестве добавки для модификации битума и асфальтобетонных смесей, используемых при ремонте и строительстве автомобильных дорог, позволяет улучшить деформационные и фрикционные свойства дорожных покрытий (увеличить их колееустойчивость, морозостойкость и в ряде случаев, устойчивость к растрескиванию полотна при температурных перепадах и др.). При этом к качеству РК и стабильности ее выпуска предъявляются жесткие требования.

Так, например, в соответствии с рекомендациями Австралийской ассоциации по управлению изношенными шинами (Tyre Stewardship Australia) РК является одним из наиболее доступных видов продукции, которая используется для модификации битумов и асфальтобетонных смесей, позволяющей повысить устойчивость к отраженным трещинам при ремонте старых покрытий с большим количеством трещин [89]. Кроме того, РК нашла широкое применение для устройства поверхностной обработки путем напыления и различных видов подгрунтовки [90, 91].

Таким образом, несмотря на сложности с организацией системы сбора и сортировки изношенных шин, а также на сложный технологический процесс их переработки в РК и высокие требования к ее качеству данное направление является перспективным. При этом мировой опыт применения РК для производства асфальтобетонных смесей подтверждает, что наряду с повышением качества дорожных покрытий одновременно решается важная экологическая задача утилизации изношенных автомобильных шин.

В мировой практике различают два основных способа модификации асфальтобетонных смесей с использованием РК:

- «мокрый» способ включает приготовление модифицированного вяжущего путем смешивания горячего битума с РК или гранулами специального состава в качестве модификатора в специальных смесительных установках и предназначенного для последующего его смешивания с минеральными материалами;

- «сухой» способ предусматривает смешивание РК или сухих гранул модификатора на основе РК специального состава с минеральными материалами до подачи в смеситель битума или одновременно с его подачей [92, 93].

В случае производства «мокрым» способом РК рассматривается в качестве модификатора битумного вяжущего, а при «сухом» способе - в качестве наполнителя в составе минеральной части асфальтобетонной смеси.

При осуществлении процесса «мокрым» (двухстадийным) способом измельченную РК перемешивают и расплавляют в отдельной емкости в битуме до одно-

родного состояния (первая стадия), после чего в асфальтобетонном смесителе вяжущее, модифицированное РК вводят в минеральную часть асфальтобетонной смеси с последующим перемешиванием (вторая стадия).

Таким образом, на первом этапе получают промежуточный продукт – битумное вяжущее, модифицированное РК, характеризующееся определенным комплексом физико-механических свойств. Как правило, в зарубежной практике РК используется в пределах 5-24 % от массы битума (с фракцией размером до 1 мм, отдается предпочтение более мелким фракциям) [94].

При сухом (одностадийной) способе предполагается непосредственное введение РК в минеральную часть асфальтобетонной смеси. Специально подготовленную РК или гранулы на ее основе перемешивают с горячими минеральными материалами (щебнем, песком, минеральным порошком) в асфальтобетонном смесителе на асфальтобетонном заводе (АБЗ), а затем в смеситель вводят горячий битум. Как правило, используются более крупные частицы РК в количестве 0,3-3(5) % от массы минеральной части заполнителя. В данном случае исключается приготовление резинобитумного вяжущего, как отдельная стадия технологического процесса. Достаточно крупные резиновые частицы (до 2,5 мм) взаимодействуют с битумом ограниченное время (как правило, не более 1,5-3 мин) в процессе смешивания горячего битума и каменных материалов, нагретых до 160-180 °С [95]. Процесс перемешивания продолжают до получения асфальтобетонной смеси однородного состава. В ряде случаев для получения более однородной смеси отмечается необходимость увеличения продолжительности перемешивания.

Кроме того, в зарубежной практике существует третий способ производства битума, модифицированного РК: «мокрый» способ производства терминального вяжущего. В отличие от традиционного, резинобитумное терминальное вяжущее обладает большей устойчивостью к расслоению, а, следовательно, большей длительностью хранения и имеет улучшенные усталостные свойства. Кроме того, в терминальном вяжущем концентрация частиц РК в его составе находится в существенно меньшей степени.

В ряде других источников [96] терминальное вяжущее называют резинобитумным вяжущим без дополнительного перемешивания при хранении.

«Мокрый» процесс без дополнительного перемешивания получил свое название благодаря стабильности данного продукта при хранении, который не нуждается в дополнительном перемешивании для поддержания равномерности распределения дисперсности частиц резины, в отличие от «мокрого» способа с высокой вязкостью. Подобные продукты называют терминальными смесями и обычно производятся на нефтеперерабатывающем заводе или битумном терминале. В настоящее время терминальные вяжущие все чаще стали производиться и на объектах производства работ.

«Мокрый» процесс производства терминальных вяжущих предполагает их производство при высоких температурах в условиях значительных сдвиговых воздействиях и давлении. РК практически полностью растворяется, в результате чего получают однородный конечный продукт.

Для изготовления терминальных смесей используют мелкую крошку отходов шинной резины (менее 0,6–0,5 мм) в количестве 5–25 % от массы смеси, в зависимости от области применения. Терминальные смеси производятся в специализированных смесительных установках (высокоскоростные смесители или коллоидные мельницы) при температуре 175–185 °С. Смешивание компонентов вяжущего продолжается около 2 ч до достижения целевой вязкости 0,6 Па*с. После смешивания происходит снижение температуры вяжущего на 15–20 °С. Процесс приготовления представляет собой абсорбцию, в ходе которой происходит набухание шинной резины за счет поглощения легких фракций битума, что приводит к изменению ее свойств ("созреванию"). Стремление к полному растворению компонентов обеспечивает однородность структуры и стабильность смеси при хранении, предотвращая фазовое разделение.

Терминальные смеси и традиционные резинобитумные вяжущие, содержат практически одинаковое количество РК, но в связи с различиями в технологических режимах производства вяжущего размер частиц РК в них существенно отличается (рисунок 1.5).

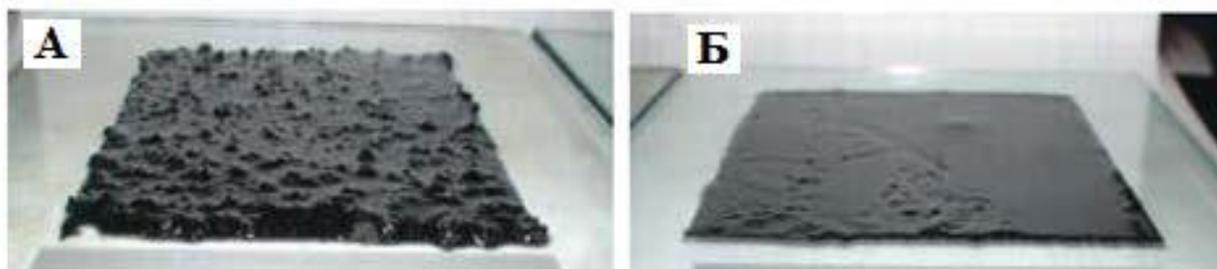


Рисунок 1.5 – Битумное вяжущее, модифицированное РК, полученное мокрым способом: А – традиционное вяжущее; Б – терминальное вяжущее [97]

Вопрос о том, какое резинобитумное вяжущее (традиционное или терминальная смесь) оптимально для асфальтобетонов с различным минеральным составом, остается предметом обсуждений [97]. Основные выводы из этих дискуссий можно сформулировать следующим образом:

- Традиционные резинобитумные вяжущие и терминальные смеси – это разные продукты с различными свойствами.
- Оба типа вяжущих превосходят немодифицированный битум по своим характеристикам.
- В сравнительных испытаниях традиционные резинобитумные вяжущие демонстрируют лучшие результаты, чем терминальные смеси.
- Технология производства терминальных смесей все еще находится в стадии разработки, и продолжают исследования влияния длительного нагрева на их свойства.

Возможно, что те технологические преимущества, которые дает применение наиболее мелких размеров частиц РК и повышенной температуры производства, сопровождается ускоренным старением вяжущего в процессе его получения.

В Мичиганском Университете (США) с помощью метода рентгеновской томографии провели сравнительное исследование микроструктуры РК до и после введения его в битум [98]. Было отмечено, что содержание частиц РК с размером менее 75 мкм после смешивания с битумом выросло с 2 до 6 %. При смешивании обычно наблюдается небольшое уменьшение размеров частиц РК, что обусловлено их разрушением по имеющимся микротрещинам, которые образовались в ходе механического дробления резины.

Таким образом, даже небольшое количество частиц малого размера РК формирует в вяжущем структуру, подобную полимерной, улучшая его уровень свойств. Тем не менее, размер набухших частиц РК в составе традиционного вяжущего весьма значителен, что может привести к его расслоению при хранении и транспортировке. Поэтому в производственных условиях рекомендуется хранить резинобитумное вяжущее при периодическом перемешивании для предотвращения его фазового расслоения и с целью повышения однородности вяжущего.

Следует отметить, что эффективность модификации битумов «мокрым» способом в значительной степени определяется размером используемых резиновых частиц, их морфологией и степенью девулканизации резины. Считается, что при «сухом» процессе производства асфальтобетонной смеси с РК, протекающим с меньшей продолжительностью и одностадийно, эффективность модификации в меньшей степени зависит от исходного качества РК.

Таким образом, для российских условий необходимо проведение научно-исследовательских и опытно-технологических работ с целью разработки составов композиционных резинобитумных вяжущих, которые способны обеспечивать требуемые эксплуатационные качества асфальтобетонных покрытий, а также давать заметный положительный эффект при реализации проектов в дорожном строительстве.

При этом должна быть достигнута однородность резинобитумных вяжущих, непосредственно влияющая на однородность асфальтобетона, получаемого на их основе. Кроме того, важной характеристикой для резинобитумных вяжущих является устойчивость к расслоению при хранении в отсутствии перемешивания в битумных ёмкостях.

Выводы к главе

Проведённый анализ международного опыта создания и развития экотехнопарков позволил определить основы планирования экотехнопарков, принятые в настоящее время в зарубежных странах, определить основные заинтересованные стороны при создании экотехнопарков и выделить их функции, определить вопросы регулирования и подходы к стимулированию развития экотехнопарков. Выявлены и обобщены категории технологий (методов), внедрение которых соответствует основным принципам развития экотехнопарков.

Рассмотрены и проанализированы механизмы формирования и функционирования экотехнопарков на примере Германии, Финляндии, Японии и Китая. Из полученных данных можно сделать вывод об отсутствии какого-либо универсального научно-методологического алгоритма при подготовке и реализации концепции экотехнопарков в различных странах мира. Каждая страна по-своему подходила и подходит к данному вопросу с учётом сложившихся законодательных подходов, экономической и экологической политик, культурных особенностей развития конкретной страны.

Установлено, что критическим элементом в развитии экотехнопарка является взаимодействие между участниками экотехнопарка в рамках промышленного симбиоза, а также реализация замкнутых и каскадных обменов ресурсами с целью снижения негативного воздействия предприятий на окружающую среду.

Сделан вывод, что наиболее полным научным определением экотехнопарка будет являться следующее: экотехнопарк – совокупность специализирующихся преимущественно на обращении с отходами и вторичными ресурсами взаимосвязанных производств, обеспечивающих минимально возможный на современном этапе научно-технического развития уровень захоронения отходов и достигающих экономического эффекта за счёт взаимодействия и обмена ресурсами друг с другом.

Сформулированы основные преимущества концепции экотехнопарка, барьеры (риски) реализации концепции экотехнопарков, а также выявлены факторы, влияющие на успешное развитие экотехнопарков. При рассмотрении технологических решений по утилизации отходов в составе экотехнопарка, в качестве модельного выбраны резиносодержащие отходы. Проведён анализ подходов и технологий комплексной переработки такого вида однородных отходов: изношенных шин и отходов РТИ и выпуску продукции, востребованной в дорожном хозяйстве.

Определены направления исследований для получения высокотехнологичных резинобитумных композиций и асфальтовых вяжущих.

ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ЭКОТЕХНОПАРКОВ

Экономика замкнутого цикла должна стать трендом в реализации экологической и промышленной политики каждого государства, предполагающего достижение ресурсной эффективности. Базовым подходом при реализации принципов экономики замкнутого цикла является формирование инфраструктуры обращения с отходами, позволяющей минимизировать полигонное захоронение отходов, производить продукцию и оказывать услуги с использованием вторичных ресурсов. Требованиям такого базового подхода отвечает создание магистральной сети экотехнопарков [99], которые призваны комплексно решать экологические проблемы в регионах через реализацию проектов промышленного симбиоза [100].

В данном разделе сформулированы основные научно-методические принципы проектирования, создания и эксплуатации экотехнопарков в условиях Российской Федерации.

На примере Нижнекамского промышленного узла Республики Татарстан в настоящем разделе показана возможность вовлечения основных отходов, образующихся в регионе, в производственные процессы. Проведён краткий анализ источников образования отходов и предложена перспективная схема экотехнопарка Нижнекамского промышленного узла.

2.1 Научно-методические принципы проектирования, создания и эксплуатации экотехнопарков

Проведённый анализ мировой практики показал, что реализации концепции экономики замкнутого цикла базируется на следующих подходах: оценка жизненного цикла продуктов, экологически ориентированное производство, промышленный симбиоз [101]. Одним из главных элементов промышленного симбиоза являются комплексы по управлению обращением с отходами (экотехнопарки), в которых осу-

ществляется обмен материальными и энергетическими ресурсами, глубокая утилизация отходов с производством продукции на основе вторичных ресурсов и вторичного сырья и совокупное снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Как было показано в разделе 1, экотехнопарк в настоящей работе, по сути, представляет собой промышленный кластер, объединённый симбиотическими связями, в котором осуществляется выпуск продукции и генерация энергии, происходит обмен сырьём и продукцией между объектами экотехнопарка и за его пределами, в том числе с предприятиями коммунальной сферы. В экотехнопарках целенаправленно или стихийно формируются технологические связи между производственными объектами посредством обмена (взаимообмена) ресурсами, который в мировой практике получил название промышленного симбиоза [102]. Когда в обмене ресурсами участвует коммунальная сфера, то такой взаимообмен приобретает название коммунально-промышленного симбиоза.

Основная цель деятельности экотехнопарка как ключевого элемента экономики замкнутого цикла заключается в формировании замкнутых цепей поставок, приводящих к максимальному возврату образующихся отходов и вторичных ресурсов в хозяйственный оборот. Результатом такого подхода является эффективное сохранение и приумножение природного капитала, а также оптимизация производства, в том числе за счёт повышения ресурсо- и энергоэффективности, что в свою очередь приводит к решению экологических вопросов за счёт снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду [101].

Основными целями формирования сети экотехнопарков как территорий глубокой утилизации отходов и использования вторичных ресурсов, являются:

- эффективное управление потоками отходов и вторичных ресурсов;
- прогнозирование потребностей в материалах и услугах на основе вторичных ресурсов;
- планирование создания инфраструктуры и востребованности потоков вторичных ресурсов и продукции на их основе;
- формирование комплексной системы обращения с отходами, создание условий для утилизации и обезвреживания всех запрещённых к захоронению отходов;

- снижение количества полигонного захоронения отходов и увеличение использования вторичных ресурсов в производственных процессах;
- стимулирование развития отечественной технологической базы для утилизации отходов;
- снижение экологического ущерба от действующих производств;
- построение экспериментальных площадок глубокой утилизации отходов с последующим тиражированием накопленного опыта;
- создание площадок разработки, опытного внедрения и отработки в промышленных условиях оптимальных технологических решений в области ресурсосбережения;
- внедрение новых технологий в обработку, утилизацию и обезвреживание отходов, а также в производство из вторичных ресурсов продукции и энергии;
- снижение экологического ущерба, в том числе накопленного от прошлой хозяйственной деятельности, посредством утилизации отходов с последующим производством продукции и (или) энергии.

Экотехнопарки должны входить, как одни из важных элементов, в территориальные схемы обращения с отходами, а также в комплексные региональные программы обращения с отходами производства и потребления в связи с необходимостью замыкания потоков отходов на объекты утилизации и обезвреживания отходов.

Ниже сформулированы основные принципы проектирования, создания, эксплуатации экотехнопарков на принципах промышленного симбиоза.

2.2 Основные положения

Экотехнопарк создается в организационной форме промышленного кластера, одной из основных сфер деятельности которого является обработка, утилизация, обезвреживание отходов, выпуск продукции и оказание услуг с использованием вторичных ресурсов (вторичного сырья, побочных продуктов).

Экотехнопарки подразделяются на:

1) экотехнопарки в форме промышленного и коммунально-промышленного симбиоза;

2) экспериментальные инновационные экотехнопарки, в которых, наряду с основным видом деятельности, разрабатываются, проходят апробирование и внедряются новые технологии в области обращения с отходами, включая их обработку, утилизацию и обезвреживание; производство продукции из отходов и вторичных ресурсов.

С целью вхождения в Реестр парков и получения мер поддержки со стороны государства для всех экотехнопарков должны быть установлены следующие обязательные требования:

1) наличие в составе экотехнопарка предприятий, занятых в сфере обращения с отходами (не менее 75 % выручки промышленных предприятий экотехнопарка должно генерироваться от предприятий по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов и предприятий, выпускающих продукцию или предоставляющих услуги с использованием вторичных ресурсов);

2) наличие среднесрочной (на период от 3 до 6 лет) и долгосрочной (на период более 6 лет) программ развития экотехнопарка;

3) производство на территории экотехнопарка продукции из отходов и вторичных ресурсов и вторичного сырья с целью эффективного использования природных ресурсов, снижения экологического ущерба – массовая доля отходов и вторичных ресурсов в общем объёме сырья более 50 %;

4) наличие Координационного органа экотехнопарка в качестве управляющей структуры экотехнопарка;

5) развитие обмена материальными и (или) энергетическими потоками, первоначальным источником сырья для которых служат отходы и вторичные ресурсы (не менее трёх обменов);

6) использование энергосберегающих технологий;

7) эффективное использование водных ресурсов, в т. ч. использование каскадных систем водопотребления и оборотного водоснабжения;

8) соответствие нормативам выбросов и сбросов загрязняющих веществ [100].

По мере развития созданной на территории Российской Федерации сети экотехнопарков указанные критерии должны расширяться и ужесточаться.

К экспериментальным инновационным экотехнопаркам следует установить дополнительные требования:

- 1) наличие материально-технической базы для проведения экспериментальных исследований в области обработки, утилизации, обезвреживания отходов, производства продукции из отходов и вторичных ресурсов – наличие отдельного, специализированного лабораторно-исследовательского центра;
- 2) наличие действующего научно-технического совета экспериментального инновационного экотехнопарка для сопровождения проводимых в рамках экотехнопарка НИОКР и обсуждения получаемых результатов [103].

Невыполнение одного из требований не позволяет идентифицировать группу предприятий, организаций, промышленный кластер, индустриальный (промышленный) парк, объединение иных юридических лиц в качестве экотехнопарка.

С целью ускорения перехода (и в целом заинтересованности в нём) уже существующих промышленных зон (промышленных кластеров, индустриальных (промышленных) парков и пр.) и взаимосвязанных групп предприятий в экотехнопарки может быть предусмотрена специальная государственная программа, предусматривающая финансовые, организационные и другие меры поддержки данного перехода на установленный переходный период (3-4 года) с обязательным условием наличия у потенциального экотехнопарка программы по достижению обязательных требований, предъявляемых к экотехнопарку.

Необходимыми предпосылками для успешного функционирования экотехнопарков являются:

- разработка пакета нормативно-правовых актов, регулирующих требования к экотехнопаркам и мер поддержки и стимулирования участников экотехнопарков;
- достаточный и стабильный поток отходов и вторичных ресурсов на входе;
- использование эффективных технологий обработки, утилизации, обезвреживания отходов и переработки вторичных ресурсов;
- наличие спроса на продукты производства и услуги экотехнопарка;

- реализация эффективных процессов обмена ресурсами и взаимодействия между участниками экотехнопарка;
- реализация межрегионального и межотраслевого сотрудничества в сфере управления отходами и вторичными ресурсами.

Показателями результативности деятельности экотехнопарка являются:

- количество утилизированных отходов;
- количество обезвреженных отходов;
- предотвращенный экологический ущерб в результате деятельности предприятий и организаций экотехнопарка;
- доля отходов и вторичных ресурсов, направляемых на утилизацию (переработку), из общей массы отходов, принятых на обработку;
- доля отходов и вторичных ресурсов, поступающих в экотехнопарк, в общем объёме поступающего в экотехнопарк сырья;
- процент использования в экотехнопарке произведённых в нём вторичных материальных и энергетических ресурсов;
- доля стоимости продукции, произведённой с использованием вторичных ресурсов, в общем объёме выручки экотехнопарка;
- доля вовлечения промышленных предприятий и предприятий по утилизации и обезвреживанию отходов в экотехнопарк на данной территории;
- доля утилизированных и обезвреженных отходов I класса опасности в общем количестве образованных отходов I класса опасности;
- доля утилизированных и обезвреженных отходов II класса опасности в общем количестве образованных отходов II класса опасности;
- доля утилизированных и обезвреженных отходов III класса опасности в общем количестве образованных отходов III класса опасности;
- доля утилизированных и обезвреженных отходов IV класса опасности в общем количестве образованных отходов IV класса опасности;
- доля утилизированных и обезвреженных отходов V класса опасности в общем количестве образованных отходов V класса опасности [104].

Создание и развитие экотехнопарков на территории Российской Федерации должно осуществляться с учётом Стратегии пространственного развития Российской Федерации, территориальных схем обращения с отходами производства и потребления, в том числе с ТКО, субъектов Российской Федерации, схем территориального планирования Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных районов [105].

Необходимо учитывать данные территориальных схем обращения с отходами и региональных программ в области обращения с отходами как региона размещения экотехнопарка, так и соседних регионов при необходимости межрегионального перемещения отходов (вторичных ресурсов) для дальнейшей утилизации и обезвреживания.

После создания экотехнопарка необходимо осуществить внесение изменений в соответствующие территориальные схемы, региональные программы в области обращения с отходами, федеральные схемы обращения с определенными видами (группами) отходов [106].

2.3 Участники экотехнопарка и требования к ним

Организационная структура экотехнопарка включает в себя Координационный орган экотехнопарка и участников экотехнопарка.

Координационный орган экотехнопарка и участники экотехнопарка могут входить только в один экотехнопарк, расположенный на территории Российской Федерации.

В составе экспериментального инновационного экотехнопарка создаётся научно-технический совет, выполняющий функцию научно-технического сопровождения проводимых в рамках экотехнопарка НИОКР в сфере разработки, апробирования и внедрения новых технологий в области обращения с отходами, включая их обработку, утилизацию и обезвреживание; производство продукции из отходов и вторичных ресурсов.

Научно-технический совет экспериментального инновационного экотехнопарка сопровождает научные работы и осуществляет тесную связь с научно-исследовательскими организациями, не входящими в экотехнопарк.

В общем случае участниками экотехнопарка могут стать:

- предприятия (организации), специализирующиеся на профильных видах деятельности экотехнопарка;
- промышленные (сельскохозяйственные) предприятия – образователи отходов и вторичных ресурсов, реализующие собственные природоохранные мероприятия, направленные на сокращение образования и захоронения отходов;
- предприятия отрасли энергетической генерации и строительной отрасли, являющиеся потребителями альтернативного топлива;
- предприятия (организации), поставляющие продукцию или оказывающие услуги для специализированных предприятий экотехнопарка;
- региональные операторы, обеспечивающие на территории субъектов Российской Федерации сбор, транспортирование, обработку, утилизацию, обезвреживание, размещение ТКО;
- предприятия (организации), обслуживающие отрасли общего пользования, включая транспортную, энергетическую, инженерную, природоохранную и информационно-телекоммуникационную инфраструктуру экотехнопарка;
- организации рыночной инфраструктуры (аудиторские, консалтинговые, кредитные, страховые и лизинговые услуги, логистика, торговля, операции с недвижимостью) экотехнопарка;
- научно-исследовательские и образовательные организации, оказывающие услуги для предприятий экотехнопарка;
- некоммерческие и общественные организации, связанные своей деятельностью с экотехнопарком;
- организации инновационной инфраструктуры и инфраструктуры поддержки малого и среднего предпринимательства, связанные своей деятельностью с экотехнопарком: бизнес-инкубаторы, венчурные фонды, центры трансфера технологий, центры развития дизайна, центры энергосбережения, центры поддержки

субподряда (субконтрактации); центры и агентства по развитию предпринимательства, регионального и муниципального развития, привлечения инвестиций, агентства по поддержке экспорта товаров, государственные и муниципальные фонды поддержки предпринимательства, фонды содействия кредитованию (гарантийные фонды, фонды поручительств), акционерные инвестиционные фонды и закрытые паевые инвестиционные фонды, привлекающие инвестиции для субъектов малого и среднего предпринимательства и др.

Задачи, стоящие перед участником экотехнопарка:

- участие в реализации проектов в области обработки, утилизации или обезвреживания отходов (в том числе накопленных от прошлой хозяйственной деятельности), производства продукции и оказания услуг с использованием отходов, вторичных ресурсов с целью эффективного использования ресурсов, снижения экологического ущерба, ликвидации объектов накопленного вреда;
- предоставление Координационному органу экотехнопарка сведений для формирования реестра экотехнопарка, сведений об основных показателях осуществляемой участником экотехнопарка экономической деятельности, включая информацию о фактических налоговых и таможенных платежах в региональный и федеральный бюджеты при ведении хозяйственной деятельности, для ведения документации экотехнопарка и развития коммуникаций как внутри экотехнопарка, так и за его пределами;
- согласование своего развития с остальными участниками экотехнопарка;
- развитие симбиотических обменов материальными и (или) энергетическими потоками с другими участниками экотехнопарка [107].

2.4 Порядок создания экотехнопарков

Схема принятия решения о создании экотехнопарка определяется Концепцией создания экотехнопарка.

В целом схема принятия решения о создании экотехнопарка состоит из следующих этапов:

- анализ существующей ситуации в области обращения с отходами и перспектив её развития (источники образования, виды и количество образующихся и накопленных к настоящему времени) отходов, прогнозируемые объёмы образования отходов);
- анализ возможности обработки, утилизации, обезвреживания отходов (имеющиеся и планируемые к строительству (запуску) объекты по обращению с отходами, определение и выбор необходимых инфраструктурных объектов);
- в случае необходимости создания новых объектов по обращению с отходами – анализ функционального зонирования территории, поиск пригодных мест для размещения объектов по обращению с отходами, оценка потребностей в развитии инфраструктурных объектов;
- выбор оптимальной организационной формы экотехнопарка и потенциальных участников;
- маркетинговые исследования и прогнозирование востребованности продукции, услуг экотехнопарка.

После принятия решения о создании экотехнопарка Инициатором проекта экотехнопарка формируется рабочая группа, состоящая из экспертов – представителей основных промышленных предприятий и организаций, заинтересованных в создании экотехнопарка.

Рабочая группа создается на временной основе до организации Координационного органа.

Обязанности по руководству и управлению созданием, развитием и функционированием экотехнопарка исполняет Координационный орган экотехнопарка.

При формировании Концепции создания экотехнопарка научно-методологический подход включает следующие пять этапов:

- 1) анализ текущей ситуации в сфере обращения с отходами в регионе;
- 2) оценка потребности в инфраструктуре по обращению с отходами и вторичными ресурсами;
- 3) оценка «движения» потоков отходов; формирование стратегии организации промышленных симбиотических связей;

4) разработка объектного состава экотехнопарка и вариантов технологических решений;

5) оценка эффективности экотехнопарка (экологическая, экономическая, социальная).

Разработанная Концепция экотехнопарка должна пройти стадию согласования и получить соответствующее положительное экспертное заключение комиссии по рассмотрению проектов экотехнопарков, для рекомендации включения представленных материалов обоснования создания экотехнопарка в Сводный реестр экотехнопарков.

Сводный реестр экотехнопарков ведет профильное министерство Российской Федерации – Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.

Определение и выбор необходимых объектов обращения с отходами на предпроектной стадии создания экотехнопарка включает:

- сбор данных по типу объектов обработки, утилизации, обезвреживания, проектной мощности каждого объекта, местоположению, виду (видам) отходов, направляемых на объект, выходным продуктам после обработки и утилизации, эксплуатирующей организации, а также при необходимости другой информации;

- сбор данных по проектной и остаточной мощности объектов размещения отходов, типам отходов, размещаемых на полигоне, местоположению объектов размещения отходов, эксплуатирующей организации, а также при необходимости другой информации;

- обобщённый анализ по совокупной обеспеченности мощностями по обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению различных видов отходов;

- картирование собранных данных – пространственная привязка объектов обработки, утилизации, обезвреживания и размещения отходов;

- интерпретацию полученных данных с учётом пространственного отображения источников образования отходов [108].

Кроме учёта среднего прогнозируемого уровня потоков материальных ресурсов, направляемых в экотехнопарк, необходимо предусмотреть перспективное расширение проектной мощности в дальнейшем с учётом потенциального увеличения

внутреннего потока отходов в будущем, в том числе за счёт межрегионального взаимодействия, ликвидации объектов накопленного экологического вреда.

После формирования перечня материальных ресурсов экотехнопарка формируется перечень возможных технологических решений в области обработки, утилизации, обезвреживания отходов с целью последующего производства продукции из отходов и вторичных ресурсов и проводится анализ возможных схем реализации этой продукции.

При выборе технологий обработки, утилизации, обезвреживания отходов, а также технологий производства продукции из отходов и вторичных ресурсов необходимо обеспечить их оценку на основе сведений информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям.

При выборе технологий необходимо предусмотреть совместимость технологий для реализации промышленных симбиотических связей между производственными объектами.

В результате сравнения доступных технологий, кроме выбора эффективного технологического решения, могут быть выделены направления для проведения работ по разработке новых технологий в области обработки, утилизации, обезвреживания отходов, а также производства продукции из вторичных ресурсов.

Технологии обработки, утилизации, обезвреживания отходов, а также производства продукции из вторичных ресурсов должны обеспечивать максимальное вовлечение отходов и вторичных ресурсов в хозяйственный оборот. Количество отходов, направляемых на окончательное захоронение, должно быть минимальным.

Основной задачей в выборе технологических решений для экотехнопарков является обеспечение возможности организации технологических цепочек из отдельных технологических решений, которые способствуют увеличению симбиотических взаимодействий участников экотехнопарка в целях наиболее полной утилизации отходов и переработке вторичных ресурсов, снижения экологического ущерба и сокращения объёмов использования природных ресурсов [109].

Каждый элемент технологической цепочки должен быть согласован по входящим и выходящим потокам с учётом возможностей имеющегося оборудования.

Для каждой технологической цепочки должны быть рассчитаны интегральные экономические показатели.

Место размещения экотехнопарка целесообразно планировать в зонах максимальной концентрации источников генерирования потоков материальных ресурсов с учётом факторов развития региона: физико-географического, социально-экономического, транспортно-логистического и прочих.

Размещение объектов экотехнопарка производится в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности.

Эксплуатация зданий, сооружений объектов экотехнопарка должна осуществляться в соответствии с разрешенным использованием (назначением).

Для объектов экотехнопарка устанавливается санитарно-защитная зона в соответствии с санитарным законодательством.

Инфраструктура экотехнопарка формируется в соответствии с установленными требованиями к промышленной и технологической инфраструктуре, спецификой деятельности, входными и исходящими материальными и энергетическими потоками.

При проектировании инфраструктурных объектов следует учитывать естественные характеристики участков для размещения объектов экотехнопарка, включая климат, рельеф местности, наличие поверхностных и подземных водных объектов.

При проектировании инфраструктурных объектов экотехнопарка следует учитывать возможность либо невозможность подключения объектов экотехнопарка к существующим инфраструктурным объектам энергоснабжения, водоснабжения, канализации; возможность пользования дорогами общего назначения и прочее.

Разработка проектной документации экотехнопарка производится в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности. Проектная документация объектов экотехнопарка является объектом государственной экспертизы.

При архитектурно-строительном проектировании, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте зданий, сооружений и иных объектов экотехнопарка, в процессе эксплуатации которых образуются отходы, необходимо предусмотреть места (площадки) накопления таких отходов и соблюдать федеральные нормы, правила и иные требования в области обращения с отходами.

Государственная экологическая экспертиза проводится в соответствии с законодательством об экологической экспертизе в отношении проектной документации объекта государственной экологической экспертизы, если подобный планируется в составе экотехнопарка.

2.5 Порядок эксплуатации объектов экотехнопарка

Юридические и физические лица, осуществляющие эксплуатацию зданий, строений, сооружений и иных объектов экотехнопарка, обеспечивают соблюдение нормативов качества окружающей среды на основе применения технических средств и технологий обезвреживания и безопасного размещения отходов, а также реализации наилучших доступных технологий, обеспечивающих выполнение требований в области охраны окружающей среды, проводят мероприятия по восстановлению природной среды, рекультивации земель в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Отходы, вторичные ресурсы, вторичное сырьё, продукция, товары, упаковка и материалы, поступающие в экотехнопарк, должны пройти входной контроль на соответствие прилагаемой документации и радиационный контроль. Порядок входного контроля должен быть изложен в инструкции и (или) стандарте экотехнопарка (объекта экотехнопарка).

Сырьё для получения продукции, энергии, оказания услуг, которое может быть использовано в процессе деятельности экотехнопарка, получает соответствующие технические условия (ТУ) и при необходимости сертификаты в соответствии с законодательством о техническом регулировании Российской Федерации и поступает в соответствующие технологические цепочки экотехнопарка для выпуска продукции, получения энергии, оказания услуг (замыкающие технологии).

Отходы, которые не могут быть утилизированы либо обезврежены в процессе деятельности участников экотехнопарка, с соответствующими свидетельствами об отнесении к классам опасности и паспортами отходов поставляются за пределы экотехнопарка на обезвреживание, утилизацию, размещение.

Произведённая в экотехнопарке продукция может сразу отправляться потребителям или использоваться внутри экотехнопарка.

Энергия (тепловая, электрическая и прочая) может использоваться на технологических участках самого экотехнопарка или поставляться близлежащим потребителям.

Обезвреживание потенциально опасных химических и биологических веществ осуществляется при наличии согласованной и утверждённой в установленном порядке проектной и технологической документации в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации.

2.6 Природоохранные требования к экотехнопаркам

Предприятия участников экотехнопарка могут являться объектами, оказывающими негативное воздействие на окружающую среду.

Отнесение участников экотехнопарка и экотехнопарка в целом к объектам, оказывающим негативное воздействие на окружающую среду, производится в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

Если экотехнопарк в целом или его участник является объектом, оказывающим значительное негативное воздействие на окружающую среду, и относящимся к областям применения наилучших доступных технологий, то есть объектом I категории, то в соответствии с законодательством об экологической экспертизе необходимо получение положительного заключения государственной экологической экспертизы. Кроме того, согласно п. 1 ст. 31.1 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» юридические лица и ИП, осуществляющие хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах I категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, обязаны обратиться с заявкой и получить комплексное экологическое разрешение.

Документация экотехнопарков и его участников в области охраны окружающей среды разрабатывается в соответствии с требованиями законодательства об

охране окружающей среды и включает учредительную и правоустанавливающую, обосновывающую, разрешительную, организационно-распорядительную, плановую, договорную, учётную и отчётную, а также внутреннюю документацию административного управления.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, являющиеся участниками экотехнопарка, обязаны вносить плату за негативное воздействие на окружающую среду.

Координационный орган экотехнопарка принимает документированное решение, каким образом вносится плата за негативное воздействие на окружающую среду участниками экотехнопарка: самостоятельно или централизованно.

В случае принятия решения о централизованном внесении платы за негативное воздействие участники экотехнопарка направляют декларации о плате за негативное воздействие на окружающую среду и перечисляют плату за негативное воздействие на окружающую среду Координационному органу экотехнопарка в соответствии с заключенными договорами. Координационный орган экотехнопарка вносит плату за негативное воздействие на окружающую среду на основании деклараций о плате участников экотехнопарка.

Санитарно-защитная зона отдельных объектов экотехнопарка, находящихся на одной производственной площадке, может быть разработана и обоснована как для единого объекта в составе нескольких участников экотехнопарка. При наличии данной функции она должна быть предусмотрена в рамках взаимодействия между участниками экотехнопарка и отражена в соответствующей документации Координационного органа экотехнопарка.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, являющиеся участниками экотехнопарка и осуществляющие деятельность по сбору, транспортировке, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I-IV классов опасности, обязаны иметь лицензию на деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I-IV классов опасности и в случае необходимости иные виды лицензий в соответствии с требо-

ваниями законодательства (на деятельность по эксплуатации взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектов I, II и III классов опасности, по заготовке, хранению, утилизации и реализации лома чёрных металлов, цветных металлов, медицинскую деятельность и прочее).

Юридические лица и индивидуальные предприниматели при эксплуатации зданий, сооружений и иных объектов экотехнопарка, связанных с обращением с отходами, обязаны соблюдать федеральные нормы, правила и иные требования в области обращения с отходами.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах I, II и III категорий, разрабатывают и утверждают программу производственного экологического контроля (ПЭК), осуществляют ПЭК в соответствии с установленными требованиями, документируют информацию и хранят данные, полученные по результатам осуществления ПЭК.

Координационный орган экотехнопарка принимает документированное решение об организации и осуществлении ПЭК на территории экотехнопарка: самостоятельно участниками экотехнопарка или централизованно. В случае принятия решения о централизованном экологическом контроле, его осуществляет Координационный орган экотехнопарка.

Поскольку экотехнопарк является объектом постоянного движения потоков отходов, то необходимо проводить мониторинг состояния окружающей среды на территории экотехнопарка.

Оценка воздействия на окружающую среду проводится в отношении планируемой хозяйственной и иной деятельности экотехнопарка и (или) участника экотехнопарка, которая может оказать прямое или косвенное воздействие на окружающую среду, независимо от организационно-правовых форм собственности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей – участников экотехнопарка.

Оценка воздействия на окружающую среду проводится в соответствии с требованиями действующего законодательства и независимо от необходимости предоставления материалов оценки на государственную экспертизу или государственную экологическую экспертизу.

Данные мониторинга окружающей среды, полученные в территориальных границах экотехнопарка и в зоне его воздействия, являются одним из показателей эффективности работы экотехнопарка

Вывод из эксплуатации зданий, строений, сооружений и иных объектов, находящихся в составе экотехнопарка, и самого экотехнопарка осуществляется в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды и при наличии утверждённой в установленном порядке проектной документации.

При выводе из эксплуатации зданий, строений, сооружений и иных объектов, находящихся в составе экотехнопарка, и самого экотехнопарка должны быть разработаны и реализованы мероприятия по восстановлению природной среды, в том числе воспроизводству компонентов природной среды, в целях обеспечения благоприятной окружающей среды.

2.7 Обязательные требования к концепции создания экотехнопарка

Обязательные пункты, содержащиеся в Концепции экотехнопарка:

1) аналитическая часть: анализ научно-технического и инновационного потенциала региона и проблем его развития; анализ морфологии отходов и их географических условий образования и размещения; анализ системы обращения с отходами региона с учётом территориальных схем и региональных программ, а также рассмотрения возможности межрегионального сотрудничества; анализ ресурсной базы проекта и его географического расположения;

2) определение принципов организации экотехнопарка как элемента территориальной схемы обращения с отходами субъекта Российской Федерации: предпосылки и целесообразность создания экотехнопарка; цели и задачи его создания; определение спроса на услуги потенциальных участников экотехнопарка; обоснование его основных экологических, технологических и экономических показателей; специализация и зонирование территории экотехнопарка; функции и принципы организации экотехнопарка;

- 3) предложения по возможному комплексному составу технологических решений, реализуемых в рамках экотехнопарка;
- 4) описание услуг Координационного органа экотехнопарка и условия их предоставления;
- 5) определение источников и условий финансирования создания экотехнопарка;
- 6) изучение и описание возможности привлечения источников финансирования функционирования экотехнопарка;
- 7) разработка системы бизнес-процессов функционирования экотехнопарка: системы операционного управления экотехнопарком; системы взаимоотношений с участниками экотехнопарка (получение статуса участника экотехнопарка, предоставление услуг);
- 8) организация системы мониторинга эффективности управления экотехнопарком;
- 9) определение потенциальных участников экотехнопарка и анализ их потребностей;
- 10) оценка имеющихся и возможных рисков создания экотехнопарка;
- 11) оценка результативности и эффективности создания и развития экотехнопарка.

2.8 Сводный реестр экотехнопарков

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации должно осуществлять ведение сводного реестра экотехнопарков (далее Реестр). Реестр служит для описания действующих экотехнопарков, применяемых в них технологий и может служить для подбора технологических цепочек производств как в планируемых экотехнопарках, так и в действующих экотехнопарках при их модернизации.

Сводный реестр экотехнопарков состоит из трёх разделов:

- реестр экотехнопарков;
- реестр оптимальных технологических решений для экотехнопарков;
- реестр схем типовых технологических цепочек для экотехнопарков.

Реестр экотехнопарков содержит описание экотехнопарков, размещённых на территории Российской Федерации.

Реестр оптимальных технологических решений для экотехнопарков включает в себя описание технологий основных и вспомогательных производств, которые можно рекомендовать для использования в планируемых экотехнопарках и экотехнопарках, находящихся на стадии реконструкции, при преобразовании промышленных кластеров, индустриальных (промышленных) парков и технопарков в экотехнопарки.

Реестр схем типовых технологических цепочек для экотехнопарков содержит возможные комбинации оптимальных технологических решений в технологических цепочках утилизации отходов с учётом опыта создания и функционирования экотехнопарков на территории Российской Федерации.

Таким образом, предложен алгоритм создания экотехнопарка (рисунок 2.1), который разработан автором. Приведён перечень документации, которой должен обладать экотехнопарк для нормального функционирования. Сформулирован общий порядок эксплуатации объектов экотехнопарка.



Рисунок 2.1 – Этапы создания экотехнопарка

2.9 Определение экотехнопарка на принципах промышленного симбиоза для условий Российской Федерации

В Российской Федерации понятие экотехнопарк появилось в процессе реализации международного проекта Центра ЮНИДО «Создание центра по применению передовой практики и природоохранных технологий при утилизации потенциально опасных потребительских продуктов и промышленных отходов», реализация которого осуществлялась в период с 2009 по 2016 г. В ходе исследований ситуации с управлением обращением с отходами в регионах Российской Федерации была обоснована необходимость межрегионального межотраслевого сотрудничества в сфере управления отходами. В 2014 г. АНО «Международный центр наилучших природоохранных технологий» совместно с Ассоциацией межрегионального социально-экономического взаимодействия «Центральный Федеральный округ» по заказу ОАО «Федеральный центр проектного финансирования» ВЭБ РФ была выполнена научно-исследовательская работа «Разработка модели реализации комплексных проектов в сфере обращения с ТБО на примере Центрального федерального округа: экологический, технологический и логистический аспекты».

В данной работе, на основе анализа существующей в Российской Федерации системы обращения с отходами обоснована необходимость создания интегрированной системы управления отходами, базирующейся на межрегиональной системе обращения с ТКО, охватывающей 17 субъектов ЦФО и Московскую агломерацию.

Новизной научно-исследовательской работы стало то, что в целях решения вопроса перехода к индустриальной переработке отходов и преобладания ее над полигонным захоронением был применен подход объединения потоков отходов и потенциалов нескольких субъектов ЦФО, что, в свою очередь, призвано увеличить рентабельность и инвестиционную привлекательность отрасли обращения с отходами.

Экономико-математические модельные расчеты по укрупненным показателям проекта по созданию коммунально-промышленных комплексов (КПК, которые стали прообразом экотехнопарков, действующих на принципах коммунально-про-

мышленного симбиоза) показали, что рентабельность производств КПК достигается не только за счёт энергонезависимости комплекса, но и за счёт коопераций объектов инфраструктуры, объединённых в интересах обслуживания нескольких предприятий, расположенных на единой территории, и за счёт реализации товарной продукции из вторичного сырья и оптимального управления надежностью процессов и оборудования [110]. Окончательное определение экотехнопарка было закреплено Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года (далее – Стратегия отходоперерабатывающей промышленности), принятой Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.01.2018 № 84-р. Стратегия отходоперерабатывающей промышленности была разработана в 2017 г. экспертной группой, сформированной Министерством промышленности и торговли Российской Федерации [111]. Координатором экспертной группы выступал автор диссертации. (Приложение В). Согласно определению, обозначенному в Стратегии отходоперерабатывающей промышленности, экотехнопарк представляет собой «объединённый энергетическими и взаимозависимыми материально-сырьевыми потоками и связями комплекс объектов, включающий в себя здания и сооружения, технологическое и лабораторное оборудование, используемые в деятельности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов, обеспечивающий их непрерывную переработку и производство на их основе промышленной продукции, а также осуществление научной, исследовательской и (или) образовательной деятельности». Научно-методические основы подхода к организации экотехнопарков, формированию регуляторных мер поддержки, предложения по подготовке Проекта постановления Правительства Российской Федерации «Об экотехнопарках» были разработаны при непосредственном участии автора Федеральным государственным автономным учреждением «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» Минпромторга России (Приложения А, Б).

Таким образом, основными характеристиками экотехнопарка являются тесные кооперационные связи, которые осуществляются посредством промышлен-

ного симбиоза предприятий-производителей, предприятий-переработчиков, обслуживающих организаций, с целью комплексного управления ресурсами, снижения негативного воздействия на окружающую среду и генерирования дополнительного экономического эффекта, получаемого в результате кооперации [103].

Модель экотехнопарка, организованного посредством создания промышленных симбиотических связей между отдельными промышленными предприятиями и предприятиями коммунальной сферы, приведена на рисунке 2.2.

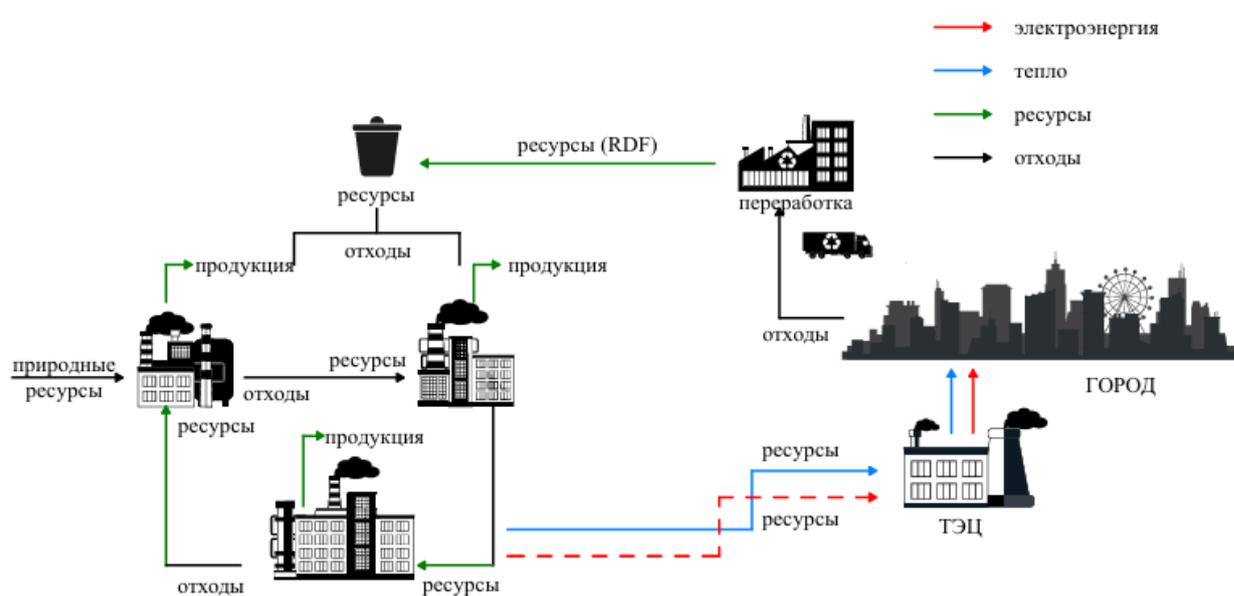


Рисунок 2.2 – Схема коммунально-промышленного симбиоза

С системной точки зрения промышленный симбиоз способствует замыканию циклов использования энергетических и материальных ресурсов в химико-технологических и производственных процессах посредством:

- увеличения времени, в течение которого материал (вещество) остаётся в производственной сфере, сохраняя свою ресурсную ценность, до того, как он станет отходом и отправится на обезвреживание или захоронение;
- сокращения объёма отходов, направляемых на захоронение на полигонах, а также объёма выбросов парниковых газов, образующихся в местах размещения отходов;

- повышения эффективности использования энергии и материалов за счёт повторного использования и утилизации материалов (веществ), энергии;
- создания рабочих мест и новых возможностей для бизнеса, связанных с альтернативным использованием существующих потоков отходов;
- вовлечения инновационных технологий, ориентированных на развитие элементов экономики замкнутого цикла, путём объединения предприятий с исследовательским сообществом для удовлетворения текущих потребностей в инновационных решениях.

2.10 Разработка перспективной схемы экотехнопарка Нижнекамского промышленного узла

Одним из динамично развивающихся регионов Российской Федерации является Республика Татарстан. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.06.2016 № 1257-р в Республике Татарстан был создан территориально-обособленный инновационно-производственный центр «ИнноКам» (далее – Центр «ИнноКам»), в состав которого вошли и промышленные предприятия Нижнекамского промышленного узла.

Отраслями производственной специализации предприятий Центра «ИнноКам» являются автомобилестроение, химическая и нефтехимическая промышленность, топливно-энергетический и агропромышленный комплекс. На момент образования предприятиями Центра «ИнноКам» производились около 57 % полимеров стирола, 45 % синтетических каучуков, 55 % грузовых шин от общего российского производства. Всё это приводит к тому, что, с одной стороны, в регионе между предприятиями складываются кооперационные связи в областях экономики, технологического обеспечения и управления, с другой – такой рост промышленности ведёт к увеличению техногенной нагрузки на территорию региона и может стать причиной ухудшения экологической обстановки.

Серьёзной проблемой для Нижнекамского промышленного узла является загрязнение атмосферного воздуха такими химическими веществами как формальдегид, фенол, аммиак и диоксид азота. В 2019 г. на Нижнекамский промышленный узел пришлось 54,3 тыс. т выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух только от стационарных источников [114].

Второй по значимости экологической проблемой Нижнекамского промышленного узла, требующей решения, является рост образования промышленных отходов. По официальным данным формы федерального статистического наблюдения 2-ТП (отходы) ежегодно в результате хозяйственной деятельности промышленных предприятий района образуется более 140 тыс. т промышленных отходов.

Перечень крупных предприятий Нижнекамского промышленного узла приведён в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные промышленные предприятия Нижнекамского промышленного узла

Наименование предприятия	Выпускаемая продукция	Перечень основных отходов производства
1	2	3
ПАО «Нижнекамскнефтехим»	синтетические каучуки общего и специального назначения; мономеры: исходное сырьё для производства каучуков и пластиков; полимеры: полистирол, полипропилен и полиэтилен; окись этилена, окись пропилена, альфа-олефины, поверхностно-активные вещества	отходы производства углеводородов и их производных; смеси нефтепродуктов, извлекаемые из очистных сооружений нефтесодержащих вод, содержащие нефтепродукты; смесь отходов биохимической очистки сточных вод производств и хозяйственно-бытовых сточных вод; отходы производства стирола; отработанные масла
ПАО «Нижнекамскшина» ООО «Нижнекамский завод грузовых шин» ООО «Нижнекамский завод цельнометаллокордных шин» АО «Нижнекамсктехуглерод»	150 типоразмеров и моделей шин (12,8 млн шт. в год); грузовые и сельскохозяйственные шины; резинотехнические изделия и сопутствующие товары; шины цельнометаллокордной конструкции для автобусов, грузовых автомобилей и прицепов; технический углерод (120 тыс. т/год)	отходы производства резиносмесей, покрышек, обрезки резиносмесей, покрышки отработанные; отходы при обезвреживании отходов; отходы пленки полиэтилена и изделий из нее незагрязненные; отработанные масла

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
ОАО «ТАИФ-НК»	автомобильный бензин; дизельное топливо; сера; битум; реактивное топливо	лом и отходы, содержащие незагрязненные черные металлы
ОАО «ТАНЕКО»	автомобильный бензин; дизельное топливо; авиационное топливо; топливо для реактивных двигателей; водород технический; сера техническая; топливо печное; керосин; масла смазочные; масла базовые; тяжёлый газойль	всплывшие нефтепродукты из нефтеловушек и аналогичных сооружений; осадок механической очистки нефтесодержащих сточных вод; ил избыточный биологических очистных сооружений; катализатор на основе оксида алюминия, содержащий алюмокобальт(никель)-молибденовую систему, отработанный; лом и отходы стальные несортированные; шлам очистки емкостей и трубопроводов от нефти и нефтепродуктов

Из таблицы 2.1 следует, что крупные предприятия Нижнекамского промышленного узла выпускают значительный объём сложной продукции и образуют отходы различных классов опасности. При этом до сих пор основным подходом к управлению обращением с отходами является их размещение на промышленных полигонах предприятий. Согласно данным отчётности о движении отходов формы 2-ТП (отходы) в 2017 г. утилизировано и обезврежено самими предприятиями 23 000 т (12 %) отходов; передано для утилизации и обезвреживания сторонним организациям 71 825 т (48 %) отходов; направлено на захоронение, в том числе после обезвреживания, – 53 541 т (40 %) отходов [113]. В таблице 2.2 приведены выборочные данные по отходам, которые образуются на предприятиях Нижнекамского промышленного узла с учётом технологической возможности их обезвреживания и утилизации. Таблица демонстрирует соотношение массы образующихся отходов и потенциально готовых к утилизации в соответствии с техническими решениями. При этом без четкого понимания характеристики вида отходов невозможно сформулировать предложения по способам обезвреживания и утилизации.

Таблица 2.2 – Выборочные данные Формы 2ТП (Отходы)

Наименование отхода по ФККО	Требуется утилизировать в первую очередь (образование > 500 т/год), т/год	Возможность утилизации отходов	Имеется возможность утилизировать, т
1	2	3	4
Отходы производства соединений неорганических, не вошедших в другие группы	836	Без четкого понимания характеристики данного вида отходов невозможно сформулировать предложения по способам утилизации	0
Катализатор на основе оксида алюминия с содержанием хрома менее 27,0% отработанный	514	Возможно направить на регенерацию или извлечения полезных компонентов	514
Отходы производства углеводородов и их производных	4796	Без уточнения характеристик данного отхода возможно лишь термическое разложение органических соединений (посредством утилизации или обезвреживания)	4796
Смесь отходов биохимической очистки сточных вод производств органического синтеза с осадками механической и биологической очистки смеси производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод	4894	Без уточнения характеристик данного отхода, утилизации не подлежит	0
Отходы (осадок) при очистке накопителей дождевых (ливневых) стоков	21688	Без четкого понимания основных характеристик данного вида отходов невозможно сформулировать предложения по способам его утилизации	0
Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированных (исключая крупногабаритные)	2345	Возможен выпуск RDF	2345
Смесь с территории предприятия малоопасный	610	Утилизации не подлежит	0

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
Мусор от сноса и разборки зданий несортированный	2984	Утилизация возможна (требуется сортировка, далее возможно получение строительных щебня и песка, получение сырья для производства строительных материалов и изделий)	2984
Отходы при обезвреживании отходов	2144	Без четкого понимания основных характеристик данного вида отходов невозможно сформулировать предложения по способам его утилизации	0
Лом бетонных изделий, отходы бетона в кусковой форме	783	Утилизация возможна (требуется сортировка, далее возможно получение строительных щебня и песка, получение сырья для производства строительных материалов и изделий)	783
Отходы РТИ, изношенные шины, резиносодержащие отходы производства	2481	Возможна утилизация с получением вторичного резинового сырья для производства продукции (регенерат, мастики, асфальтовые вяжущие)	2481
Отходы древесины	1212	После обработки возможно получение продукции, либо RDF	1212
Отработанные масла	662	После обработки возможна утилизация с получением продукции	662
Отходы пластмассы	1764	После обработки возможна утилизация с получением продукции	1764
Итого	54713		17541

Таким образом, крупные предприятия Нижнекамского промышленного узла выпускают значительный объём сложной продукции и образуют отходы различных классов опасности, при этом основным подходом к управлению обращением с отходами является их размещение на промышленных полигонах предприятий и передача на утилизацию и обезвреживание сторонним организациям.

В рамках Концепции создания Центра «ИнноКам» было заявлено о формировании кооперационных связей между предприятиями Нижнекамского промышленного узла. В этой связи создание условий для вовлечения отходов в химико-технологические процессы, позволяющие использовать данные отходы в качестве сырьевых материалов, должны стать приоритетной задачей в Нижнекамском промышленном узле. Данный подход возможно реализовать в отношении отработанных масел, изношенных шин и отходов шинного производства, отходов производства стирола, углеводов и их производных в рамках экотехнопарка.

В соответствии с приведёнными ранее принципами создания и развития экотехнопарка и на основе анализа образуемых в Нижнекамском промышленном узле отходов производства и потребления предлагается организация экотехнопарка Нижнекамского промышленного узла, основные элементы которого приведены на рисунке 2.3.

Основными материальными потоками экотехнопарка, на основе которых может быть сформирован промышленный симбиоз, являются потоки отходов: отходы РТИ, изношенные шины, резиносодержащие отходы производства; отработанные масла, некондиционные масла, смазочные материалы; полимерные отходы; древесные отходы; отходы стекла и стеклобой; макулатура; песок формовочный горелый отработанный; накопленные отходы.

Утилизация перечисленных отходов с получением продукции с долей вторичных ресурсов позволит создать материалы, востребованные как внутри Нижнекамского промышленного узла, так и за его пределами. При этом предприятия, которые будут созданы специально для решения этой задачи, могут располагаться и за пределами промышленного района, в удобной логистической доступности.

Перечень получаемой продукции: регенерат резины; РК; вторичная резина; термоэластопласты; изделия из вторичной резины и термоэластопластов; вторичные масла, смазочные материалы; топливо из ТКО; пластиковые гранулы и хлопья [114].

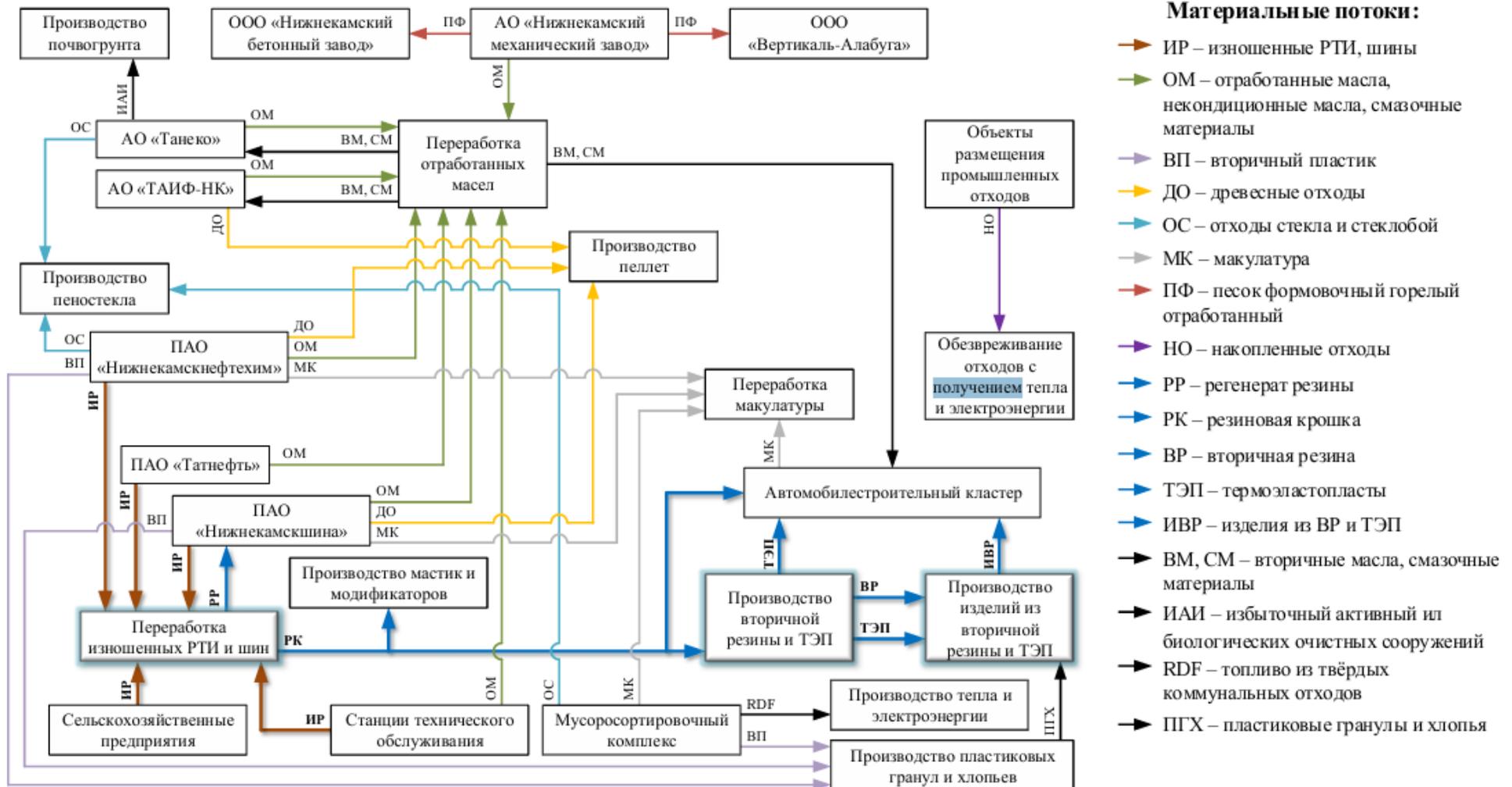


Рисунок 2.3 – Перспективная схема экотехнопарка Нижнекамского промышленного узла

В качестве примера комплексного подхода к утилизации отходов производства и потребления рассмотрен вопрос сбора и утилизации изношенных шин и отходов РТИ, которые образуются на предприятиях, входящих в Нижнекамский промышленный узел. Предложено создание комплекса предприятий, занятых в утилизации изношенных шин и отходов РТИ – от переработки до выпуска готовой продукции на основе РК. В качестве якорного рассматривается предприятие по переработке изношенных шин и отходов РТИ мощностью до 10 тыс. т в год с получением РК размером от 0,63 мм до 5 мм. Предложено рассмотреть в составе экотехнопарка предприятие по производству резинобитумных мастик и резинобитумных вяжущих мощностью до 6 тыс. т в год. Блок-схема утилизации РК в составе экотехнопарка Нижнекамского промышленного узла представлена на рисунке 2.4.

Речь идёт о возможности организации комплекса предприятий, занятых в утилизации изношенных шин и отходов РТИ - от переработки до выпуска готовой продукции на основе РК. В качестве предприятий, выпускающих товарную продукцию, возможно предложить предприятие по выпуску регенерата, предприятие по выпуску термоэластопластов, предприятие по производству резинобитумных мастик и резинобитумных вяжущих мощностью до 6 тыс. т в год [115]. Перечисленные три направления предполагают реализацию специальных химико-технологических процессов, направленных на утилизацию отходов (вторичных ресурсов). Это может послужить примером вовлечения отходов в хозяйственный оборот в рамках межотраслевого взаимодействия, а также примером самостоятельной реализации принципа расширенной ответственности производителя (РОП) в отношении изношенных шин. Кроме того, подобный подход к утилизации изношенных шин может стать модельным для любого экотехнопарка, так как данный вид отхода образуется практически на любом предприятии и в жилом секторе у населения.

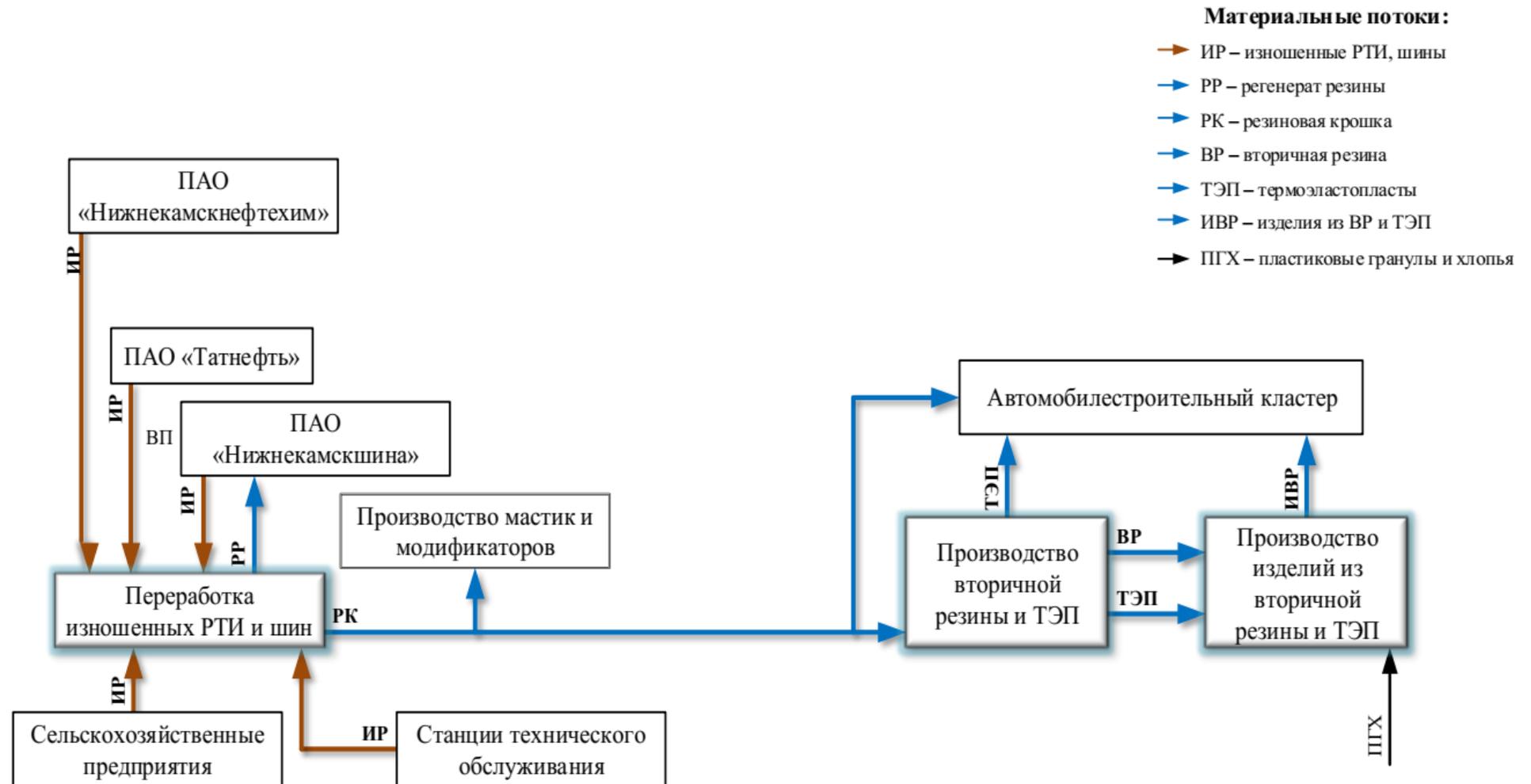


Рисунок 2.4 – Блок-схема утилизации резиновой крошки в составе экотехнопарка Нижнекамского промышленного узла

Основным предприятием в Нижнекамском промышленном узле, которое должно быть заинтересовано в организации системного подхода к сбору и утилизации изношенных шин, является ПАО «Нижнекамскшина». Согласно статистическим данным, ПАО «Нижнекамскшина» выпускает в оборот шины разных типоразмеров общим весом порядка 220 тыс. т в год [116]. Таким образом, у предприятия в соответствии с требованиями Федерального закона «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ возникает обязанность обеспечить условия для сбора и утилизации количества шин, определенного нормативом утилизации (на 2022 г. эта величина составляла 30 % от количества выпущенных заводом шин, то есть 75 тыс. т в год). При этом производитель имеет право заключить договор с промышленным предприятием (утилизатором), имеющим соответствующую лицензию на сбор и утилизацию шин в соответствии с требованиями Росприроднадзора.

На 01.01.2022 г. на территории Республики Татарстан действовали шесть предприятий по переработке изношенных шин: ООО «Колтек-Кама», ООО «Кам-Экотех», ООО «Кряж», ООО «Гранд-НЧ», ООО «Экошина», ООО «ГЕРМАТРИ». Общая масса перерабатываемых ими изношенных шин составила около 6 тыс. т в год, то есть около 35 % от всего количества образования изношенных шин в процессе эксплуатации физическими лицами (собственниками автотранспорта), транспортными и промышленными предприятиями Республики Татарстан.

При условии полного задействования существующих на перечисленных выше предприятиях мощностей и провести их модернизацию, возможно выйти на объём переработки до 25 тыс. т шин в год. Полная загрузка предприятий возможна за счёт реализации системного подхода к комплексному управлению изношенными шинами и создания условий для вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот, в первую очередь, на региональном уровне. Последнее условие является в настоящее время самым проблемным с точки зрения его реализации на практике.

Весь объём полученной в процессе переработки РК может быть использован для производства регенерата и продукции для дорожного строительства: мастик, дорожных вяжущих, гидроизоляционных рулонных материалов, технических средств для обеспечения безопасности дорожного движения, композитных плит

для устройства временных дорог и площадок. Кроме применения в дорожном строительстве, РК может быть использована в производстве термоэластопластов, при этом разработанные уже в настоящее время технологии позволяют получать термоэластопласты, в которых до 85 % составляет вторичное сырьё – переработанные пластики и РК.

Наиболее масштабным по объёму использования изношенных шин, по мнению автора и на основании проведённых исследований и практических работ, может быть получение и применение главным образом именно резинобитумных мастик и асфальтовых вяжущих в дорожно-мостовом строительстве. Как показывает мировая практика, путём введения добавок РК в асфальтобетонные смеси могут быть решены такие проблемы как продление сроков службы дорожных асфальтобетонных покрытий, повышение сцепления с шинами, снижение шумообразования, повышение качества резинобитумных мастик [117]. Разработка технологических решений использования РК в дорожном строительстве и их эффективность показана в разделе 4.

Таким образом, отходы шинного производства ПАО «Нижекамскшина» могут быть успешно переработаны в дорожные материалы на специализированном производственном предприятии, расположенном в Нижнекамском промышленном узле. В зоне действия Центра «ИнноКам» такое предприятие находится на удалении 45 км от г. Нижнекамска в районе населённого пункта Камские Поляны, что вполне соответствует логистическому плечу для перевозки отходов действующего шинного производства. В то же время в рамках Центра «ИнноКам» разрабатывается проект по утилизации изношенных шин во вторичный каучук (регенерат). По заявлениям разработчиков технологии, продукт, получаемый в результате утилизации крошки, находит применение в изготовлении резиновых смесей, производстве автомобильных и сельскохозяйственных шин, резиновых покрытий (автомобильные коврики, резиновые покрытия для аграрных и спортивных площадок). Мировая практика показывает, что при производстве шин может быть использовано до

15 % вторичного каучука в зависимости от типа шин. Следовательно, высококачественный материал может быть непосредственно использован на ПАО «Нижекамскина» при производстве основной продукции предприятия.

В качестве перспективной продукции, которая может быть произведена с применением отходов шинного производства и полимерных отходов, можно назвать термоэластопласты. В настоящее время такая продукция в Российской Федерации не производится, и такой проект может безусловно стать инновационным.

Выводы к главе

Практическая реализация принципов экономики замкнутого цикла в отдельных регионах является инструментом экологически эффективной промышленной политики на федеральном уровне. В особенности это касается высокоразвитых в технологическом плане регионов, которые ежегодно наращивают темпы промышленного производства, одновременно образуя значительное количество отходов. Вовлечение вторичных ресурсов в хозяйственный оборот, обмен ресурсами между предприятиями, создание замкнутых систем обмена ресурсами способствует ликвидации объектов размещения отходов как источников загрязнения атмосферного воздуха, почвы, подземных и наземных водных объектов, снижению энергоёмкости технологических процессов. При этом снимается социальная напряжённость в регионе, которая вызвана негативной экологической ситуацией.

Для различных промышленных регионов должны быть созданы модели экотехнопарков в форме промышленного или коммунально-промышленного симбиоза – взаимовыгодного сотрудничества отходоперерабатывающих предприятий, действующих промышленных предприятий, потребителей продукции на основе отходов и вторичных ресурсов, производителей оборудования, научно-исследовательских и инжиниринговых организаций, образовательных учреждений и общественных организаций, сервисных компаний и испытательных лабораторий, деятельность которых будет направлена на то, чтобы обеспечить постепенное снижение объёмов потребления природных ресурсов и уменьшения выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

В первую очередь, такие модельные проекты должны быть разработаны и оценены для промышленных центров, являющихся главными загрязнителями окружающей среды за счёт накопленных и ежегодно образующихся отходов производства. Именно комплексный подход к развитию региональных территорий роста позволит создать в стране действующую экономику замкнутого цикла и снизить негативное техногенное воздействие на окружающую среду.

Для реализации концепции экотехнопарков как одного из элементов экономики замкнутого цикла были сформулированы принципы проектирования, создания и эксплуатации экотехнопарков применительно к Российской Федерации.

На примере Нижнекамского промышленного узла разработана перспективная схема экотехнопарка, которая может быть реализована в качестве одного из пилотных проектов с учётом действующих предприятий и организованного Центра «ИнноКам», позволяющих выстроить промышленные симбиотические связи между предприятиями по предложенной схеме в максимально короткие сроки, с учётом уже сложившихся кросс-связей между предприятиями промышленного и коммунального секторов.

Изношенные шины, которые образуются у населения и на предприятиях Нижнекамского промышленного узла являются одним из перспективных ресурсов экотехнопарка в Нижнекамском промышленном узле. Этому способствует функционирование в промышленном узле ПАО «Нижнекамскшина», которое является крупным образователем изношенных шин и отходов РТИ и, кроме того, в соответствии с законодательством, является участником концепции расширенной ответственности производителя, что налагает на предприятие ответственность за создание системы сбора и утилизации изношенных шин.

РК, которая образуется в процессе утилизации изношенных шин и других отходов РТИ, является качественным вторичным сырьём для производства различных видов продукции. Одним из крупных потребителей таких материалов является дорожная отрасль. В разделе 4 проведены экспериментальные данные по разработке технологических решений использования РК в дорожно-мостовом строительстве.

ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данной главе рассмотрены материалы и методы экспериментальных исследований, которые были использованы автором при разработке технологии термостабильной экологически безопасной резинобитумной композиции, которая стала основой для производства мастик и резинобитумных вяжущих для применения в дорожном и общегражданском строительстве.

Представлены рекомендованные в ведомственно-экологическом контроле методы определения физико-механических свойств резинобитумных композиций разных марок. Все исследования выполнены в соответствии с ГОСТ и ASTM.

3.1 Характеристика используемых материалов

Исходным продуктом для изготовления модификаторов битума на основе РК является крошка, полученная в результате утилизации изношенных шин (КРШ) и резинотехнических изделий (КРТО). Размер РК, рекомендуемой для приготовления экологически безопасной РБК и асфальтовых вяжущих – не более 0,8 мм для КРШ и 10 мм для КРТО.

Для исследования использовались образцы КРШ:

- полученной в процессе утилизации изношенных шин и резиносодержащих отходов Нижнекамского промышленного узла и промышленных предприятий Московской области. Переработка резиносодержащих отходов производства производилась на мощностях ОАО «Чеховский регенератный завод» (ОАО «ЧРЗ») способом механического дробления;

- полученной в процессе переработки изношенных шин и РТИ криогенным методом на промышленном предприятии в Португалии (взята в качестве контрольного образца).

РК соответствовала ТУ 38.108035-97 «Резина дробленая марок от РД 0,01 до РД 10,0» и была произведена в соответствии со стандартом организации СТО 2511-

001-58146599-2004 «Крошка резиновая» [118]. Важной особенностью РК, особенно шинной, является присутствие в её составе специальных химических веществ, таких как антиоксиданты и антистарители, которые диффундируют в объём вяжущего, дополнительно стабилизируя его структуру и улучшая тем самым адгезионные свойства и устойчивость к старению полученной композиции.

Размер частиц РК устанавливают на основе массовой доли резины, которая проходит через сита с отверстиями согласно ГОСТ 3826-82 [119]. Метод основан на определении размеров частиц сыпучих материалов, включая резину и ее производные, с использованием специальных сит. Этот стандарт определяет требования к испытаниям и результатам, необходимым для классификации материалов по размеру их частиц.

Остальные технические требования к РК, рекомендуемой для применения в дорожном строительстве в составе мастик, резинобитумных вяжущих, даны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические требования к КРШ

Наименование показателя	Величина
Массовая доля каучукового вещества*, %, не менее	45
Массовая доля технического углерода*, %, не более	35
Массовая доля общей серы*, %	1,5±0,5
Массовая доля ацетонового экстракта, %	12±3
Массовая доля золы, %, не более	8,0
Массовая доля частиц чёрных металлов, %, не более	0,1

Примечание: * – показатели, рекомендуемые СТО 2511-001-58146599-2004 [118]

В КРШ допускается наличие остатков кордного волокна в количестве не более 3,0 % для фракций крошки с максимальным размером до 1,0 мм. В КРШ не допускается наличие механических примесей (песка, древесины, глинозёма, камней и т.д.).

В качестве дополнительного компонента РБК использовалась «серая» РК – КРТО - продукт переработки лицевых масок противогазов фракции до 10 мм, соответствующая [118].

В качестве модификатора использовали комплексный модификатор асфальтобетона («КМА») производства группы компаний «Колтек», изготовленный на основе мелкодисперсионной резины (дисковое измельчение).

В качестве исходного сырья для приготовления РБК использован дорожный битум следующих марок:

- БДУ 70/100 – битум нефтяной дорожный улучшенный, изготовленный на битумной установке ООО «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтепереработка» в соответствии с требованиями [120];
- БДУС 70/100 – битум нефтяной дорожный улучшенный, изготовленный на битумной установке ООО «КИНЕФ» в соответствии с требованиями ТУ [121];
- БНД 60/90 – битум нефтяной дорожный вязкий, изготовленный на битумной установке ОАО «Московский НПЗ» в соответствии с требованиями [122].

В качестве активного модификатора при производстве РБК по разработанной технологии были использованы парабановая кислота (2,4,5-триоксоимидазолидин, $R_1R_2C_3H_2O_3N_2$) или ее производные: метилпарабен ($R_1 = H, R_2 = Me$), диметилпарабен ($R_1 = R_2 = Me$) и другие. В качестве минерального наполнителя использовали портландцемент, известь-пушонку, диатомит по ГОСТ 21235-75 и др.

Процесс изготовления образцов РБК проводился на лабораторном смесителе модели Silverson L5M, который укомплектован электрическим обогревом (рисунок 3.1). Смешивание компонентов происходило с использованием лопастной мешалки при температуре 180 °С со скоростью 500 об/мин.



Рисунок 3.1 – Лабораторный смеситель Silverson L5M

3.2 Определение основных физико-механических свойств резинобитумной композиции

1) Температура размягчения [123]. При измерении температуры размягчения используется специализированный аппарат, в комплект которого входят: стакан (баня) из термостойкого стекла диаметром не менее 85 мм и высотой не менее 120 мм; кольцо латунное ступенчатое или гладкое; допускается применение ступенчатого кольца с верхним внутренним диаметром $(17,7 \pm 0,2)$ мм; пластинки металлические, расстояние между которыми 25,0-25,4 мм. Верхняя пластинка имеет три отверстия: два для помещения колец и третье - для термометра.

2) Глубина проникания иглы при 0 и 25 °С по ГОСТ 11501-78 [124].

3) Растяжимость [125]. Для определения растяжимости применялся дуктилометр цифровой INFRA TEST 1500 мм (рисунок 3.2, а), состоящий из пластмассового или деревянного ящика (ванны), выложенного внутри оцинкованной жестию или эмалью; внутри ящика через всю его длину проходит червячный винт с салазками, вращение винта придает салазкам поступательное движение. На одной стороне прибора укреплена стойка с тремя штифтами, соответственно трем штифтам, имеющимся на салазках; на салазках закреплен указатель - стрелка, передвигающаяся при движении салазок вдоль линейки. Червячный винт приводится в движение от мотора. Скорость салазок должна быть 5 см/мин.



а)



б)

Рисунок 3.2 – Дуктилометр цифровой INFRA TEST 1500 мм (а) и аппарат АТХ-20

4) Температура хрупкости по Фраасу определялась по [126]. При определении хрупкости был использован аппарат для определения температуры хрупкости битума АТХ-20, который состоит из устройства для сгибания пластинки, стеклянных пробирок, устройства для охлаждения и других элементов (рисунок 3.2, б).

5) Температуры вспышки и воспламенения. По [127] устанавливается метод определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле по методам Кливленда (метод А) и Бренкена (метод Б). Сущность методов заключается в нагревании пробы нефтепродукта в открытом тигле с установленной скоростью до тех пор, пока не произойдет вспышка паров (температура вспышки) нефтепродукта над его поверхностью от зажигательного устройства и пока при дальнейшем нагревании не произойдет возгорание продукта (достижение температуры воспламенения) с продолжительностью горения не менее 5 с.

6) Сцепление с минеральным материалом определялось по [128]. Стандарт распространяется на вязкие и жидкие дорожные битумы и устанавливает два метода:

– метод А («пассивное» сцепление) заключается в определении способности вязкого битума удерживаться на предварительно покрытой им поверхности песка или мрамора при воздействии воды.

– метод Б («активное» сцепление) заключается в определении способности жидкого или вязкого битума сцепляться с поверхностью песка или мрамора в присутствии воды.

Метод А позволяет оценить водозащитные свойства материала, а метод Б — адгезионные свойства битума в динамичных условиях.

7) Изменение температуры размягчения после прогрева устанавливали по [129]. Стандарт, который распространяется на нефтяные битумы и устанавливает метод определения изменения массы битума после прогрева. Метод используется для определения стабильности битумов при продолжительном хранении при повышенных температурах, оцениваемой по изменению их качественных показателей.

8) Эластичность при 25 °С и 0 °С определяется по [130]. Стандарт распространяется на дорожные полимерно-битумные вяжущие материалы на основе вязких дорожных нефтяных битумов и блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол,

предназначенные для применения при строительстве, реконструкции и ремонте дорог, мостов и аэродромов.

9) Однородность при 25 и 165 °С (оценивается визуально).

10) Устойчивость при повышенной температуре в отсутствии перемешивания (в статических условиях) резинобитумных композиций определяли по специальной методике МИ-1-03: резинобитумное вяжущее, предварительно расплавленное и залитое в жестяную ёмкость цилиндрической формы размером 65×150 мм в количестве около 450 г, выдерживали в термошкафу при 170 °С в течение трёх суток в статическом режиме (без перемешивания). По окончании процесса термостабилизации ёмкость с резинобитумным вяжущим охлаждали до комнатной температуры в течение 1 ч, после чего поместили в морозильную камеру, где выдерживали при температуре минус 18 °С в течение 60 мин. Затем ёмкость с резинобитумным вяжущим распиливали на 3 равные части. Для резинобитумного вяжущего, находящегося в верхней и нижней частях ёмкости, определяли температуру размягчения. Устойчивость резинобитумного вяжущего к воздействию повышенной температуры определяли по различию значений температуры размягчения для резинобитумного вяжущего, находящегося в верхней и нижней частях ёмкости.

11) Водонасыщение. Образец мастики размером 70×70×10 мм помещали в водяной термостат при температуре плюс 20 °С и выдерживали 30 суток, после чего его извлекали, осушали и взвешивали. Водонасыщение мастики определялось по изменению массы образца в процентах относительно исходного значения.

12) Термостабильность. Мастику заливали в цилиндрические жестяные ёмкости размером 85×80 мм в количестве 0,5 кг, помещали в климатическую камеру на время, соответствующее определенному количеству циклов испытания в режиме перехода через 0 °С.

С целью проведения испытаний с использованием нестандартных методик с целью выявления стабильности структуры мастики использовалась климатическая камера BINDER с рамой объемом 734 л (от минус 70 до плюс 60 °С) и термокриостат ТКС-20 (рисунок 3.3, а и б соответственно).



а)



б)

Рисунок 3.3 – Климатическая камера BINDER (а) и Термокриостат ТКС-20 (б)

3.3 Методы статистической обработки результатов

В ходе исследования использованы такие статистические методы как планирование, проектирование, сбор и анализ данных, составление значимой интерпретации полученных результатов. Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью пакета программы MS Excel и STATISTICA 10.0. Используются меры центральной тенденции, включающие среднее, медиану и моду. Сравнение выборок проводили по t-критерию Стьюдента. Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости $p=0,05$.

Выводы к главе

Представлены исходные материалы для исследований.

Представлены рекомендованные в ведомственно-экологическом контроле методы определения физико-химических свойств экологически безопасной РБК. Все измерения выполнялись в соответствии с ГОСТ и ASTM.

Обработка результатов измерений всех использованных методов соответствует диапазону определения того или иного физико-механического показателя РБК.

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОСТАБИЛЬНОЙ РЕЗИНОБИТУМНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Увеличение объёмов переработки изношенных шин и отходов РТИ до уровня их образования неизбежно требует существенного увеличения объёмов применения РК. Основным направлением, способным обеспечить использование РК в таком количестве, является её применение в дорожно-мостовом строительстве.

В настоящем разделе приведены данные по исследованию использования РК в дорожном строительстве, в качестве модификатора битума и асфальтобетона. Раздел содержит данные по вариантам использования РК для производства асфальтовых вяжущих и резинобитумных мастик различного назначения. С этой целью была разработана и запатентована технология экологически безопасной РБК [131] и зарегистрирован торговый знак БРИТ [132] (Приложения Г и Д).

4.1 Способы введения резиновой крошки в асфальтобетонную смесь

Как было отмечено ранее, существует два способа ввода РК в асфальтобетонную смесь:

- «сухой», когда резина (модификатор на основе РК) вводится непосредственно в асфальтобетонную смесь;
- «мокрый», предусматривающий предварительное объединение резины с битумом посредством набухания резины в подогреваемой битумной ёмкости либо путём смешивания резинобитумного концентрата с битумом с условием постоянного перемешивания низкоскоростной лопастной мешалкой.

Модификаторы на основе РК вводятся «сухим» способом, и в настоящее время дорожные организации предпочитают работать именно с таким материалом. Это обусловлено тем, что резинобитумное вяжущее, получаемое при введении в битум РК, несмотря на достижение целого комплекса улучшенных физико-механических показателей, требует технического оснащения производства специальным

оборудованием для получения, хранения, транспортировки и подачи резинобитумного вяжущего в смесительное оборудование АБЗ. Высокая вязкость резинобитумного вяжущего имеет значительный технологический недостаток для обычного оборудования битумного хозяйства АБЗ – затруднённая перекачка шестерёнчатым насосом по битумопроводу и сложности при хранении в ёмкостях, не оборудованных лопастными мешалками и специальной системой обогрева [133]. Практический опыт использования резинобитумного вяжущего в Московском регионе показал, что несоблюдение температурных требований к вяжущему и его густая консистенция могут привести к налипанию РК к стенкам битумопровода, на которых образуются наросты при перекачивании стандартных битумов на высоких температурных режимах обогрева кожуха битумопровода в период эксплуатации АБЗ в осенне-весенний период. Применение высокой температуры теплоносителя в кожухе (более 200 °С) является нарушением эксплуатации битумопроводов, но на практике часто применяется в холодное время года, что, в итоге, приводит к образованию нароста из спекшегося битума на стенах битумопровода и выходу из эксплуатации оборудования.

Однако преимущества использования РК для модификации вяжущих и асфальтобетонов максимально проявляются именно в мастиках и резинобитумном вяжущем. При этом важной задачей стало достижение максимальной гомогенности резинобитумного вяжущего и его стабильности при хранении в битумохранилищах и при его транспортировке в битумовозах от производства до асфальтобетонного завода в условиях отсутствия перемешивания низкоскоростными лопастными мешалками.

Как показал опыт отечественных и зарубежных разработок, использование в асфальтобетонных смесях РК в чистом виде позволяет достичь высоких эксплуатационных характеристик резинобитумного вяжущего лишь в случае задействования специального оборудования, использование которого даёт возможность получить вяжущее в результате выдерживания его в ёмкостях, оснащённым подогревом и лопастными мешалками, а также мощным насосным оборудованием, которое поз-

воляет перекачивать густое вяжущее и подавать его в смеситель АБЗ. При этом отмечаем, что простое механическое смешивание РК и битума и немедленная подача вяжущего в смесительную установку АБЗ не даёт достаточного технического эффекта, поскольку не обеспечивается физико-химическая совместимость РК с битумом, что приводит к трудностям при уплотнении асфальтобетонной смеси. Кроме того, неподготовленная РК проявляет свои свойства как сорбент для битума, что с высокой долей вероятности может привести к выкрашиванию РК из асфальта в ходе его эксплуатации и к разрушению асфальтобетонных покрытий. В этой связи РК должна быть подвергнута процессу модификации поверхности химическими добавками, которые, активируя её поверхность, способствуют гомогенизации композитного материала и в дальнейшем обеспечивают заданный комплекс физико-механических показателей асфальтового вяжущего, а в итоге - асфальтобетонной смеси.

Модификаторы, которые применяются по «сухому» методу введения в асфальтобетонную смесь, помимо самой РК, содержат минеральный компонент игольчатой структуры, ускоритель набухания резины в битуме, сшивающий агент, антистарители, вспениватель, гелеобразную адгезионную добавку. Модифицирующие свойства резины также зависят от качества и индивидуальных свойств резины. Поэтому набор химических компонентов и их количественное соотношение подбирается производителями модификаторов с учётом особенностей происхождения и характеристик поверхности РК [134].

В этой связи целью настоящего исследования стала разработка и внедрение на объектах дорожно-мостового строительства термостабильных материалов, приготовленных на основе РБК, а также определение возможности приготовления и оценка характеристик резинобитумных вяжущих с модификаторами на основе РК.

В процессе исследований были проведены испытания образцов РК и модификатора на основе РК, результаты которых приведены в таблице 4.1. Во всех исследованных образцах отсутствуют механические примеси.

Таблица 4.1 – Результаты испытаний образцов РК

Наименование показателя	«Португалия»	Исходная резиновая крошка ОАО «ЧРЗ»	«КМА»
Массовая доля воды, %	0,75	следы	0,6
Массовая доля золы, %	11,02	5,59	29,68
Массовая доля ацетонового экстракта, %	9,22	8,25	13,78
Массовая доля остатков кордного волокна, %	0,03	5,66	8,0
Фракционный состав, количество частиц, %, проходящих через сито, мм:			
- 0,16	4,0	6,6	27,0
- 0,2	3,6	2,6	1,5
- 0,33	13,3	17,8	1,5
- 0,4	23,8	15,2	28,8
- 0,5	22,8	16,8	18,8
- 0,63	29,2	26,6	19,8
- 0,8	3,2	14,2	1,6
- 1,0	0,1	0,2	0,5

РК, полученная на предприятии в Португалии с использованием криогенной технологии переработки изношенных шин и РТИ (образец «Португалия»), была испытана в качестве контрольного образца, так как используется в дорожном строительстве в стране происхождения без предварительной модификации, с применением «мокрого» метода введения резиновой крошки в асфальтобетонную смесь.

Низкотемпературное измельчение резиносодержащих отходов не используется на территории Российской Федерации, в этой связи для приготовления РБК и дальнейших исследований была использована РК, полученная в процессе механического измельчения, как наиболее распространённого метода переработки изношенных шин и отходов РТИ.

Для дальнейших исследовательских работ с целью получения экологически безопасной РБК были выбраны два образца:

- КРШ размером до 0,8 мм и КРТО - до 10 мм.
- «КМА».

4.2 Анализ результатов исследований резинобитумного вяжущего с комплексным модификатором асфальтобетона

Комплексный модификатор асфальтобетона «КМА» производства группы компаний «Колтек» применяется для модификации по «сухому» методу, то есть добавляется в асфальтобетонную смесь в качестве добавки в сухом виде сверх общей массы смеси. Ввод в смесь производится непосредственно на АБЗ в смесительный узел, в котором происходит процесс перемешивания разогретых каменных материалов, до момента введения в узел битума. В случае настоящих исследований акцент был сделан на определении физико-механических характеристик резинобитумного вяжущего, которое получено простым механическим смешиванием битума с «КМА».

Отработка режима приготовления композиций проводилась с использованием в качестве основы битумов разных марок: БДУ 70/100, БДУС 70/100 и БНД 60/90; при количестве вводимого «КМА» – 7 %, 14 %, 20 % масс. Исследования показали, что физико-механические характеристики полученных резинобитумных вяжущих на разных видах битумов сопоставимы, в этой связи в настоящем разделе представлены только результаты испытаний на основе битума БДУ 70/100.

По результатам проведённой работы определены оптимальные параметры процесса приготовления композиций дорожного битума с «КМА» в лабораторных условиях: время перемешивания компонентов – 5 ч; температура смешивания – 180 °С.

Следует отметить, что по окончании процесса приготовления композиций битума разных марок с «КМА» сразу после выключения перемешивающего устройства при температуре 180 °С интенсивного выпадения в осадок частиц модификатора из горячей массы свежеприготовленных композиций не наблюдается. При сливе приготовленной композиции битума с «КМА» на стенках лабораторного реактора остаются равномерно распределённые частицы модификатора.

Значения показателей физико-механических свойств исходного битума БДУ 70/100 и его композиций с «КМА» представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты испытаний битума нефтяного дорожного с улучшенными характеристиками марки БДУ 70/100 и его композиций с «КМА» [135]

Наименование показателя	Фактические значения для битума марки БДУ 70/100	Фактические значения для композиций битума марки БДУ 70/100 с «КМА» при содержании последнего в количестве:		
		7 % масс.	14 % масс.	20 % масс.
Глубина проникания иглы, 0,1 мм: - при 25 °С - при 0 °С	82 24	57,0±1,0 28,0±1,0	54,0±1,0 29,0±1,0	52,0±1,0 31,0±1,0
Растяжимость, см: - при 25 °С - при 0 °С	более 140 4,0	20,0±1,0 4,7±0,3	21,0±1,0 6,3±0,3	22,0±1,0 8,0±0,4
Температура размягчения, °С	47	54,0±2,0	61,0±2,0	44,0±2,0
Температура хрупкости, °С	-19	-19,0±2,0	-22,0±2,0	-23,0±2,0
Эластичность*, %: - при 25 °С - при 0 °С	4 3	50,0±2,5 51,0±2,0	72,0±4,0 54,0±3,0	70,0±3,5 58,0±2,0
Изменение температуры размягчения после прогрева	3	3**	3**	2**
Температура вспышки, °С	294	более 300	более 300	более 300
Сцепление с мрамором или песком	выдерживает с мрамором по контрольному образцу № 2	выдерживает с мрамором по контрольному образцу № 2		
Визуальная оценка при температуре 180 °С	гомогенная система	дисперсная система с размером частиц «КМА» 1-1,5мм, равномерно распределенных в массе композиции		
Визуальная оценка при комнатной температуре	гомогенная система	дисперсная система с размером частиц «КМА» 1-1,5мм, равномерно распределенных в массе композиции		
Устойчивость к расслаиванию***, °С	0,5	13 t _{разм.} в верхнем слое = 51°С t _{разм.} в нижнем слое = 64°С	14 t _{разм.} в верхнем слое = 58°С t _{разм.} в нижнем слое = 72°С	13 t _{разм.} в верхнем слое = 60°С t _{разм.} в нижнем слое = 73°С

Примечания: * – по ГОСТ 52056-2003 (через 1 ч после разрыва образца композиции на дуктилометре); ** – значения определены после восстановления путём ручного механического перемешивания однородности массы композиции, нарушенной вследствие выпадения в осадок частиц модификатора в статическом режиме термостатирования; *** - * – по разнице значений показателя «температура размягчения» композиции битума с «КМА» в верхнем и нижнем слоях образца после прогрева в статических условиях (в отсутствии перемешивания) в течение 72 ч при температуре 180 °С.

Из важнейших наименований показателей следует сделать акцент на то, что введение в битум модификатора «КМА» в количестве 7, 14 и 20 % масс. приводит к повышению температуры размягчения и растяжимости при 0 °С получаемых композиций (рисунок 4.1).

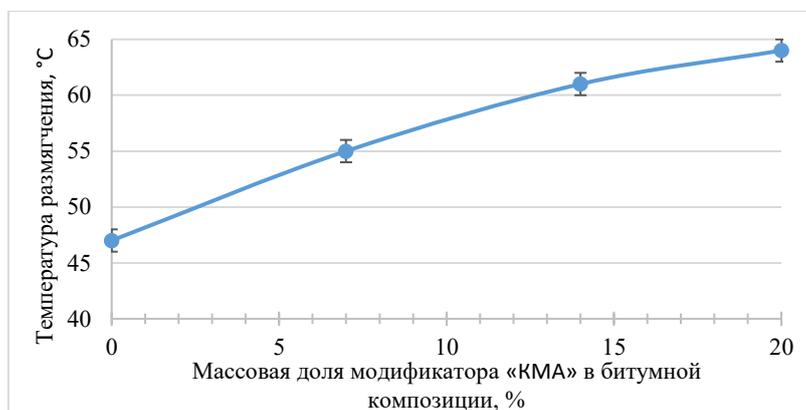


Рисунок 4.1 – Температура размягчения битума нефтяного дорожного с улучшенными характеристиками марки БДУ 70/100 и его композиций с модификатором «КМА»

Кроме того, повышение содержания в битуме модификатора «КМА» приводит к значительному повышению способности композиции к обратной деформации (эластичность). Так, значения показателя «эластичность при 25 °С» композиций с 14 и 20 % масс. «КМА» достигает соответственно 72 и 70 % (рисунок 4.2, а), а показателя «эластичность при 0 °С» – 54 и 58 % (рисунок 4.2, б) по сравнению с присущей нефтяным битумам эластичностью при 25 °С – 4 %, при 0 °С – 3 %.

Для оценки возможности хранения свежеприготовленных композиций битума с «КМА» в рабочей ёмкости АБЗ представлялось необходимым определить их устойчивость при повышенной температуре в отсутствии перемешивания (в статических условиях). Данный показатель (гомогенность вяжущего) является критичным для дорожной отрасли. С этой целью лабораторные образцы композиций были испытаны по специальной методике МИ-1-03 (п. 3.2).

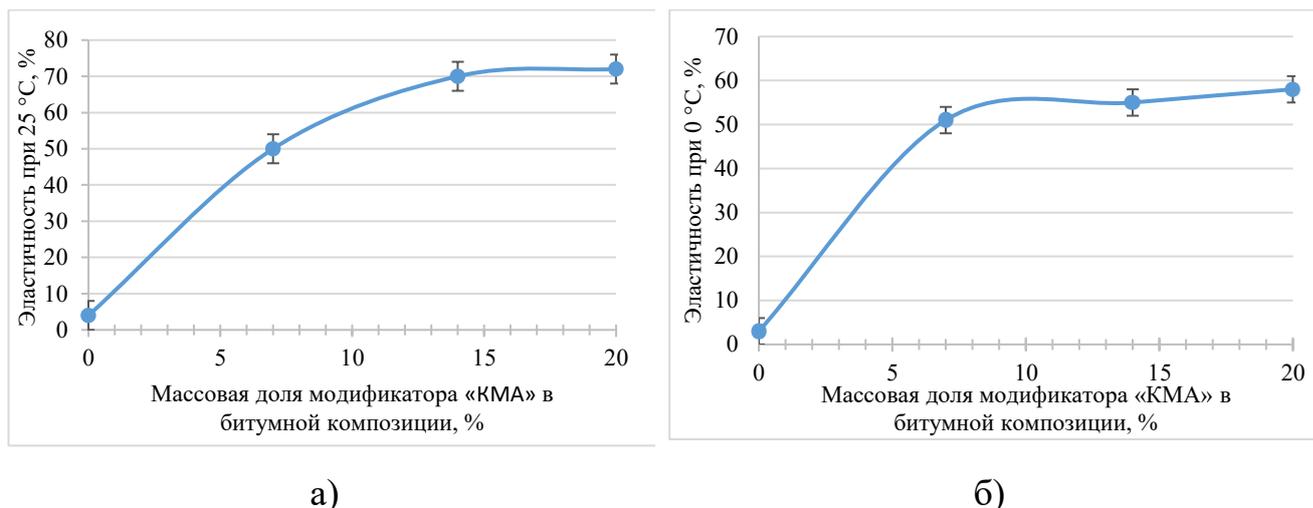


Рисунок 4.2 – Эластичность битума нефтяного дорожного с улучшенными характеристиками марки БДУ 70/100 и его композиций с модификатором «КМА» при 25 °С (а) и 0 °С (б)

Установлено, что масса композиции, находящаяся в верхней части образца после термостатирования, представляет собой визуально гомогенную систему, в которой отсутствуют частицы дисперсной фазы «КМА». Напротив, масса, сосредоточенная в нижней части образца после термовоздействия в отсутствии перемешивания, представляет собой высоконаполненную частицами «КМА» дисперсную систему. Размер этих частиц визуальнo соответствует размеру частиц «КМА» в свежеприготовленной композиции и составляет порядка 1-1,5 мм.

По значению показателя «температура размягчения» верхний и нижние слои композиции, приготовленной на БДУ 70/100, различаются на 14 °С, при этом наибольшим значением характеризуется масса, находящаяся в нижнем слое, представляющем собой высоконаполненную систему. Сопоставительный анализ значения этого показателя для свежеприготовленной композиции и расслоившейся массы составляет для верхнего слоя 3 °С, для нижнего – 11 °С (таблица 4.3).

Расслоение приводит и к различию значений показателя «эластичность при 25 °С» для верхней и нижней части образца композиции: наибольшей эластичностью характеризуется масса, находящаяся в нижней части. Независимо от марки дорожного битума, использованного для приготовления композиции, эластичность

его массы в верхнем слое в 2 раза ниже по сравнению со свежеприготовленными композициями; в то время как эластичность его массы в нижнем слое выше примерно на 12 % по сравнению со свежеприготовленными композициями. Более высокая эластичность нижней части образца композиции, в которой сосредоточены частицы модификатора, обусловлена, по-видимому, высокой концентрацией набухших в битуме частиц модификатора.

Исследования показали, что, независимо от содержания «КМА», композиции битума с модификатором расслаиваются: частицы модификатора частично оседают на дно ёмкости. Различие значений показателя «температура размягчения» массы композиции, находящейся в верхнем и нижнем слоях образца, составляет 13-14 °С (таблица 4.2). При этом следует отметить тот факт, что механическое перемешивание массы композиции после выдержки в статических условиях позволяет восстановить структуру композиции до состояния свежеприготовленной композиции.

Проведённые исследования также показали, что характер взаимодействия «КМА» с битумом нефтяным дорожным марки БНД 60/90 идентичен установленному выше для битума дорожного улучшенного марки БДУ 70/100. Композиции на основе битума марки БНД 60/90 с «КМА» при концентрации «КМА» (7 % - 14 % - 20 % масс.), как и в РБК на основе битума марки БДУ 70/100, представляют собой вязущее, наполненное частицами модификатора. При этом результаты оценки устойчивости к расслаиванию композиций битума БНД 60/90 с «КМА» в статическом режиме свидетельствуют о несколько большей склонности частиц модификатора к оседанию по сравнению с идентичными по составу композициями на битуме марки БДУ 70/100. В то же время, так же, как и в случае с композицией, приготовленных с использованием битума марки БДУ 70/100, однородность дисперсной структуры композиций на основе битума марки БНД 60/90 легко восстанавливается путём механического перемешивания массы даже после расслоения, которое наблюдается после выдерживания РБК в статических условиях при температуре 175-180 °С с последующим охлаждением.

Результаты проведённого комплекса лабораторных исследований, представленные выше, демонстрируют то, что «КМА» распределяется в массе битума в виде дисперсной фазы, но не вступают в химическую реакцию с битумом и практически не растворяются в нём, являясь, по сути, наполнителем битума, однако было установлено, что композиции битума с этим видом модификатора характеризуются довольно высокой способностью к обратной деформации, о чём говорят показатели эластичности при 25 °С и при 0 °С (таблица 4.2) – по сравнению с исходным битумом, что по сути своей является свойством, присущим полимерно-битумному вяжущему.

4.3 Выводы по результатам исследований резинобитумных композиций с комплексным модификатором асфальтобетона

Проведённые в ООО «ИЦ «Дорсервис» (г. Санкт-Петербург) исследования РБК различных марок битума с «КМА» показали, что механическое смешивание резиносодержащих модификаторов, позволяет улучшить физико-технические характеристики исходного битума, при этом выявлено, что часть модификатора вследствие воздействия высоких температур, при которых происходит процесс перемешивания, растворяется в битуме. При этом материал приобретает эластичные свойства.

Основная масса модификатора проявляет меньшую активность по отношению к битуму, что приводит к набуханию в битуме частиц резиновой крошки, которая оседает в нижней части ёмкости, в которой находится РБК.

Композиция при этом проявляет термодинамическую неустойчивость, что приводит к расслоению при повышенной температуре в отсутствие перемешивания. Скорость оседания частиц «КМА» находится в зависимости от вязкости композиционного материала и температуры;

Осевшие на дно ёмкости набухшие частицы модификатора образуют плотную резинобитумную массу, что обеспечивает высокую эластичность по сравнению с массой, находящейся в верхней части ёмкости.

В отсутствие физико-химических реакций простое механическое перемешивание при повышенных температурах не позволяет получить гомогенное резинобитумное вяжущее для использования в условиях типовых асфальтобетонных заводов. Это является критичным требованием к битумным вяжущим для дорожного строительства. Требуется дополнительное технологическое оборудование для транспортировки и длительного хранения материала, что приводит к значительным финансовым затратам для предприятий дорожной отрасли.

4.4 Разработка технологии термостабильной резинобитумной композиции

Таким образом, приведённые выше результаты исследований подтверждают, что резиносодержащие модификаторы, также как исходная мелкодисперсная РК не могут быть применены для получения стабильного, устойчивого к расслаиванию резинобитумного вяжущего простым механическим смешиванием. Для приготовления высокотехнологичного резинобитумного вяжущего должны быть использованы химические реагенты и различные температурные режимы, что способствует получению резинобитумного вяжущего с высокими эксплуатационными характеристиками, повышающего качество базовых битумов и устойчивого к расслаиванию. То же происходит при приготовлении резинобитумных мастик. Производство мастик на основе РК для строительства происходит при непосредственном создании композиционных материалов на основе химических реакций битума и РК. Именно это стало предметом исследований автора, которые, в итоге, позволили получить экологически безопасные строительные и дорожные мастики с высокими эксплуатационными характеристиками.

На основе проведённых исследований и полученных в ходе анализа данных была разработана технология РБК для гидроизоляции кирпичных и бетонных строительных конструкций, для кровельных покрытий, для заделки деформационных швов, швов и трещин цементно- и асфальтобетонных покрытий автодорог и аэродромов [131].

РБК включает в себя РК, активный модификатор и вяжущее – битум. В качестве активного модификатора используется соединение из ряда парабановых кислот, способных регулировать процесс деструкции и сшивки частиц резины в битуме без заметной сегрегации за счёт генерирования химически активных частиц в составе, образуемых при распаде активного модификатора изолированных газовых микровключений, при следующем соотношении компонентов:

- РК – 5-15 % масс.;
- парабановая кислота и ее производные – 1-2 % масс.;
- битум – остальное.

Способ получения РБК включает смешивание прогретого битума с РК, с добавлением в полученную смесь активного модификатора, при этом битум перед смешиванием с РК предварительно подогревают до температуры 190-205 °С, а РК загружают в две стадии: сначала – чёрную РК (из амортизированных автомобильных шин или изношенных покрышек и камер) и после заданной выдержки с перемешиванием – серую РК (из утилизированных РТИ) с соответствующей выдержкой во времени с перемешиванием. Затем добавляют активный модификатор также в две стадии, с выдержкой во времени в каждой стадии до момента окончания газо-выделения также при постоянном перемешивании.

Резинобитумная мастика может быть получена при использовании в качестве РК чёрной и серой резины резинотехнических изделий с размерами частиц от 0,01 до 1,0 мм в соотношении от 1:1 до 3:1 соответственно.

При получении резинобитумной мастики также может быть дополнительно добавлен минеральный наполнитель в количестве не более 10 % от общей массы композиции.

Активный модификатор добавляют на первой стадии в количестве 2/3 от его общей массы, а на второй стадии – остальное его количество.

Для расширения температурного интервала пластичности, увеличения морозостойкости, устойчивости к циклическим деформациям при отрицательных температурах, а также улучшения виброгасящих свойств мастики, повышающих срок

её службы, в смесь битума с РК следует добавлять активный модификатор. В качестве активного модификатора может быть использована парабановая кислота (2,4,5-триоксоимидазолидин, $R_1R_2C_3H_2O_3N_2$), метилпарабен ($R_1 = H, R_2 = Me$), диметилпарабен ($R_1 = R_2 = Me$) или другие их производные. Установленные пределы концентрации ряда парабановых кислот обуславливают улучшение физико-механических свойств мастики: повышают её морозостойкость и устойчивость к циклическим деформациям при отрицательных температурах, а также повышают виброгасящие свойства, что важно для повышения её срока службы.

В качестве минерального наполнителя можно использовать портландцемент, известь-пушонку, диатомит и пр.

С целью повышения эксплуатационных характеристик в процессе изготовления РБК исходные компоненты из вяжущего – битума и РК – обрабатывают химическим реагентом – активным модификатором, а именно, органической добавкой из ряда парабановой кислоты и её производных, обеспечивающих генерирование химически активных частиц в составе образуемых при распаде активного модификатора изолированных газовых микровключений. Условия изготовления РБК обеспечивают образование тонких плёнок битума вокруг частиц резины и газовых микровключений. При этом взаимодействие химически активных частиц, генерируемых в газовой фазе, с битумом и РК протекает на большой площади контакта, что обеспечивает высокую эффективность обработки. В результате этого взаимодействия происходит химическая сшивка битума и РК с образованием фрагментарных пространственных структур, которые усиленно влияют на свойства мастики резинобитумной за счёт формирования тонких плёнок битума вокруг частиц твёрдого и газообразного компонентов резиновой крошки.

Полученная в результате исследований и подбора составов РБК (таблица 4.3) и мастики, изготовленные с добавлением мелкодисперсной РК, отличаются широким интервалом пластичности, высокой растяжимостью при пониженных температурах и значительно улучшенными адгезионными свойствами. Двухстадийный процесс модификации обеспечивает технологические преимущества по сравнению с другими известными способами модификации битумов, в частности, не требует

включения в технологический процесс этапа пластификации каучуков в маслах, не требует специального оборудования для интенсивного перемешивания компонентов (высокоскоростных диспергаторов), обеспечивает экономию энергозатрат за счёт снижения температуры на заключительном этапе модификации.

Таблица 4.3 – Примеры составов битумно-резиновой композиции

Компонент	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3
Резиновая крошка № 1 (чёрная резина)	9,8 % масс. резиновой крошки из амортизированных автомобильных шин	5,6 % масс. резиновой крошки из изношенных покрышек	3 % масс. резиновой крошки из изношенных ездовых камер
Резиновая крошка № 2 (серая резина)	5 % масс. резиновой крошки из утилизированных резинотехнических изделий	2 % масс. резиновой крошки из утилизированных противогололёдных	2 % масс. резиновой крошки из резинотехнических изделий
Ряд парабановых кислот и их производные	2 % масс. парабановой кислоты	1 % масс. метилпарабена	1,6 % масс. диметилпарабена
Минеральный наполнитель	–	10 %	–
Битум	83,2 % масс. битума нефтяного дорожного вязкого, например, марки БНД 60/90	81,4 % масс. битума дорожного улучшенного, например, марки БДУ 70/100	93,4 % масс. битума дорожного, например, марки БНД 60/120

В ходе комплексных исследований резинобитумных материалов по технологии химического модифицирования битумов с добавлением мелкодисперсной РК определялись следующие показатели, приведенные в п. 3.2:

- устойчивость к воздействию повышенной температуры (170 °С) в статических условиях;
- водонасыщение;
- устойчивость к воздействию температурных перепадов в статическом режиме: от минус 35 до плюс 65 °С.

Испытание разработанной мастики «БРИТ-И» (мастика, предназначенная для проведения гидроизоляционных работ) проводилось по стандартным методи-

кам на определение следующих показателей, описанных в п. 3.2: глубина проникания иглы, температура размягчения, растяжимость, температура хрупкости, температура вспышки, эластичность, однородность.

Кроме того, проводились испытания с использованием нестандартных методик с целью выявления стабильности структуры мастики, испытания на водонасыщение и на термостабильность (п. 3.2).

В исследованиях по определению стабильности физико-механических свойств резинобитумного вяжущего материала по стандартным методикам на соответствие требованиям нормативной документации использовались следующие материалы:

- мастика «БРИТ-И», проба которой отобрана из промышленной партии;
- вяжущее для литого асфальта, приготовленное на основе марки «БРИТ-И» и битума марки БДУС 70/100.

В ходе исследований установлено, что мастика марки «БРИТ-И»:

- представляет собой однородную вязкую массу, наполненную в основном частицами резиновой крошки размером $\sim 0,5$ мм и отдельными частицами размером до 2,0 мм, не содержащую посторонних включений;
- при температуре 165 °С размягчается, становится легко текучей;
- характеризуется достаточно высокой теплостойкостью (температура размягчения выше 60 °С) и морозостойкостью (температура хрупкости находилась в диапазоне от минус 23 до минус 28 °С);
- способностью выдерживать без разрушения усилие растяжения при разных температурах (относительная деформация составила при 25 °С – 300-400 %, при 0 °С – 100-200 %); достаточно высокой эластичностью (способность к снятию напряжения на 30 % за короткий промежуток времени – 3 мин);
- технологична (при нагреве до 160 °С при периодическом перемешивании легко размягчается до текучего состояния; температура вспышки мастики – выше 250 °С).

Резинобитумное вяжущее в полученном образце характеризуется высокой растяжимостью при 25 °С и повышенной устойчивостью к расслаиванию при высокой температуре в течение трёх суток.

Исследования показали, что мастика резинобитумная композиционная марки «БРИТ-И» в исследуемых образцах характеризуется устойчивостью при длительном воздействии повышенной температуры. Различие значений показателя температуры размягчения мастики в верхнем и нижнем слоях массы после термостатирования образца в течение трёх суток не превышает 5 °С. Мастика сохраняет при этом её однородность, значительного расслоения материала не наблюдается.

Результаты определения изменения массы образцов мастики «БРИТ-И» в процессе длительного воздействия воды представлены в таблице 4.4 и на рисунке 4.3.

Таблица 4.4 – Результаты определения изменения массы образцов мастики «БРИТ-И» в процессе длительного воздействия воды

Наименование образца	Водонасыщение мастики, % масс., через				
	1 сут.	3 сут.	5 сут.	20 сут.	30 сут.
Состав № 1	0	0,02	0,09	0,19	0,24
Состав № 2	0	0,01	0,08	0,16	0,21
Состав № 3	0	0,02	0,09	0,14	0,18

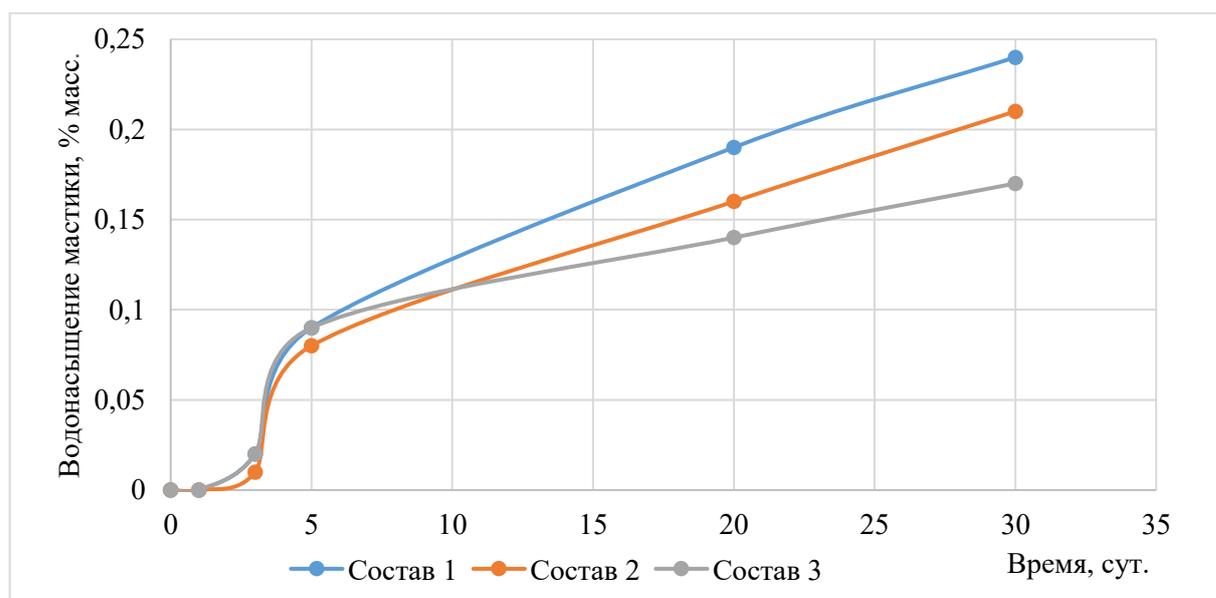


Рисунок 4.3 – Водонасыщение мастики образцов мастики «БРИТ-И» в процессе длительного воздействия воды

Проведённые исследования показали, что разработанные экологически безопасные мастики марки «БРИТ-И»:

- не расслаиваются при нагреве в отсутствие перемешивания, что позволяет переводить их в текучее состояние перед использованием по прямому назначению без изменения структуры материала;
- способны выдерживать длительное воздействие воды без значительного изменения объёма.

Результаты определения физико-механических свойств мастики «БРИТ-И» приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Физико-механические свойства мастики «БРИТ-И», использованной для приготовления вяжущего для литого асфальта

Наименование показателя	Норма по [136]	Фактически данные
Внешний вид при 25 °С	–	масса однородная, вязкая; частицы резиновой крошки распределены равномерно; не содержит посторонних включений
Внешний вид при 160 °С	–	масса однородная, текучая; частицы резиновой крошки распределены равномерно
Глубина проникания иглы, 0,1 мм: - при 25 °С - при 0 °С	– –	28 17
Температура размягчения, °С	75	90
Растяжимость, см: - при 25 °С - при 0 °С	– –	15 11
Температура хрупкости по Фраасу, °С	Минус 25	
Температура вспышки, °С	–	более 180
Эластичность при разрыве, %: - при 25 °С - при 0 °С	– –	35 20
Термостабильность при хранении, °С	–	2

В ходе исследований установлено, что разработанная мастика «БРИТ-И» характеризуется высокой степенью дисперсности, лучшей текучестью, а, следовательно, и высокой технологичностью.

По результатам проведённых исследований можно сделать вывод о том, что путём смешивания товарного дорожного битума и резинобитумной мастики «БРИТ-И» можно получить комплексное вяжущее для дорожного строительства, характеризующееся высокой степенью однородности. Путём изменения соотношения исходных компонентов, подборки марки исходного битума возможно получение вяжущих с заданным комплексом показателей физико-механических свойств в зависимости от назначения.

Нестандартным испытаниям на устойчивость к воздействию повышенной температуры в статических условиях и определению водонасыщения были подвергнуты образцы мастики «БРИТ-И», приготовленные на битуме марок БДУ 70/100, БДУС 70/100 и БНД 60/90.

Исследования показали, что полученные мастики устойчивы к длительному воздействию высокой температуры в статических условиях. После трёх суток термостатирования при 170 °С различие значений показателя температура размягчения для верхней и нижней частей массы для мастик, приготовленных на битумах марок БДУ 70/100, БДУС 70/100 и БНД 60/90, составило, соответственно, 5, 5 и 4 °С, в отличие от композиции с модификатором «КМА», который являлся контрольным материалом и смешивался с битумом механически (рисунок 4.4).

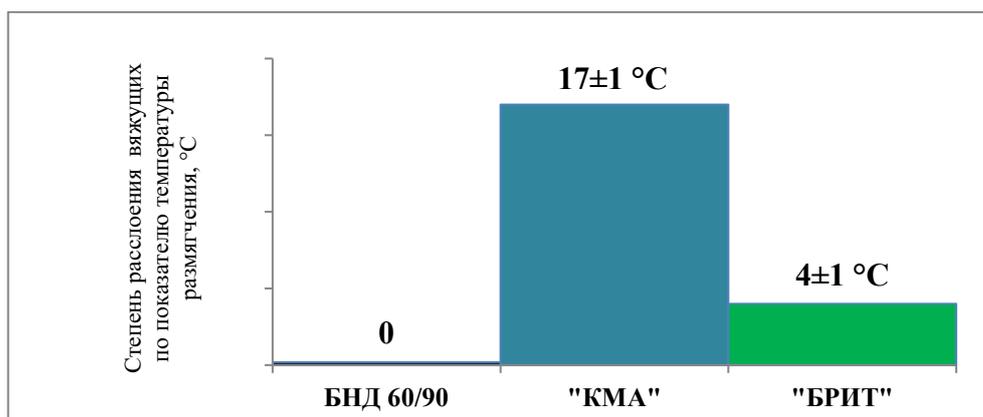


Рисунок 4.4 – Сравнение степени расслоения вяжущих: битума марки БНД 60/90, «КМА» и «БРИТ» (показателей изменения температуры размягчения при отборе проб с верхнего и нижнего слоя емкости)

Резинобитумная мастика в приготовленных образцах устойчива к длительному воздействию воды: водонасыщение мастик через 30 суток выдерживания в воде при плюс 20 °С не превысило 0,25 % от массы. Различия в значениях данного показателя для мастик, приготовленных на основе битумов разных марок, незначительны.

Исследования по оценке устойчивости мастик к воздействию температурных перепадов (минус 35 до плюс 65 °С) были выполнены для всех трёх образцов мастик.

Результаты определения показателей физико-механических свойств мастик после циклических испытаний представлены в таблице 4.6.

Проведённый комплекс исследований резинобитумных мастик по нестандартным методикам показал, что независимо от вида марки битума, использованного в качестве исходного компонента в рецептуре мастики:

- резинобитумная мастика способна выдерживать без разрушения и принципиального изменения показателей физико-механических свойств нагрев до рабочих технологических температур (170-180 °С), длительное воздействие воды, циклические перепады температуры окружающего воздуха от положительных к отрицательным;

- гарантией эксплуатационной надёжности резинобитумной мастики является устойчивость каркаса резиновой крошки в массе битума, что должно достигаться оптимизацией рецептуры мастики и технологического режима её приготовления.

Таким образом, использование разработанной мастики резинобитумной композиционной марки «БРИТ-И» на автомобильных дорогах и строительных объектах можно рекомендовать при:

- заделке деформационных швов железобетонных мостов;
- заделке продольных и поперечных швов и трещин цементно- и асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог;
- заливке мелких трещин на асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог;
- заполнению швов в прирельсовом пространстве трамвайных путей;
- при проведении кровельных и гидроизоляционных работ.

Таблица 4.6 – Результаты определения показателей физико-механических свойств мастик

Наименование показателя	Фактические значения для мастики, образец которой приготовлен на битуме марки:				Метод испытания
	БДУ 70/100 Ухтинского НПЗ	БДУС 70/100 Киришского НПЗ	БНД 60/90 Московского НПЗ		
Внешний вид поверхности образца мастик при 25 °С	«шапка» из массы крупных частиц крошки	отсутствие вспучивания			Визуальная оценка
Внешний вид при 160 °С	неоднородная по размеру крошки	однородная по размеру крошки	неоднородная по размеру крошки	неоднородная, на стенках емкости осадок крошки	
Глубина проникания иглы, 0,1 мм: - при 25 °С - при 0 °С	46,0±1,0 13,0±0,6	61,0±2,0 19,0±0,9	46,0±1,0 19,0±0,9	27,0±1,0 12,0±0,6	ГОСТ 11501-78
Температура размягчения, °С	70,0±2,0	68,0±2,0	69,0±2,0	97,0±4,0	ГОСТ 11506-93
Растяжимость, см: - при 25 °С - при 0 °С	24,0±1,0 17,0±0,8	23,0±1,1 12,0±0,6	27,0±1,3 12,0±0,6	8,0±0,4 6,0±0,3	ГОСТ 11506-75
Температура хрупкости по Фраасу	42,0±2,0 40,0±2,0	30,0±1,5 25,0±1,2	50,0±2,5 43,0±2,1	50,0±2,5 41,0±2,0	ГОСТ 11507-78
Эластичность при разрыве, %: - при 25 °С - при 0 °С	46,0±1,0 13,0±0,6	61,0±2,0 19,0±0,9	46,0±1,0 19,0±0,9	27,0±1,0 12,0±0,6	Через 3 мин. после разрыва при растяжении по ГОСТ 1505-75

Физико-механические показатели (таблица 4.7) предложенной РБК отличаются высокими механическими характеристиками и эластичностью, что обеспечивает более высокую долговечность швов и покрытий, поскольку обладает способностью распределять по объёму мастики напряжения отрыва, возникающие на границе раздела мастики и минерального материала (бетона, асфальтобетона) при эксплуатации в условиях отрицательных и близких к нулю температур и при резких колебаниях температур. Швы и покрытия на основе такой композиции обладают более высокими виброгасящими свойствами, что также важно для увеличения срока службы дорожных и аэродромных покрытий и мостовых швов.

Таблица 4.7 – Показатели физико-механических показателей трёх примеров резинобитумной композиции

Показатель	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3
Пенетрация, дм	35	31	47
Температура размягчения, °С	97	92	92
Температура хрупкости, °С	-24	-18	-23
Растяжимость	6,1	3,3	4,8
Эластичность, %	76	41	80
Адгезия, %	100	100	100

4.8 Технологический процесс изготовления резинобитумной композиции

Для выпуска РБК осуществлён подбор типового оборудования, которое позволяет развернуть производство в зависимости от объёмов образующегося сырья и потребностей в готовой продукции в условиях экотехнопарка и региона, в котором данное промышленное предприятие располагается. Принципиальная технологическая схема производства РБК представлена на рисунке 4.2.

С целью достижения высокой гомогенности и сокращения времени приготовления РБК, в технологическую схему включена коллоидная мельница КМГ-5. Характеристики коллоидной мельницы представлены в таблице 4.8. Основным преимуществом коллоидной мельницы КМГ-5 является возможность переработки смеси, содержащей до 20 % сухих добавок (различные типы полимеров, в том числе

и РК), в однородный, мелкодисперсный и гомогенный высококачественный продукт. Коллоидная мельница предназначена для производства полимерно-битумного вяжущего, резинобитумного вяжущего, мастик герметизирующих битумно-эластомерных на основе битумных вяжущих и полимеров синтетического происхождения (стирол-бутадиен-стирол), сополимеров стирола, сополимеров этилена, вторичных полимеров (резина дроблёная).

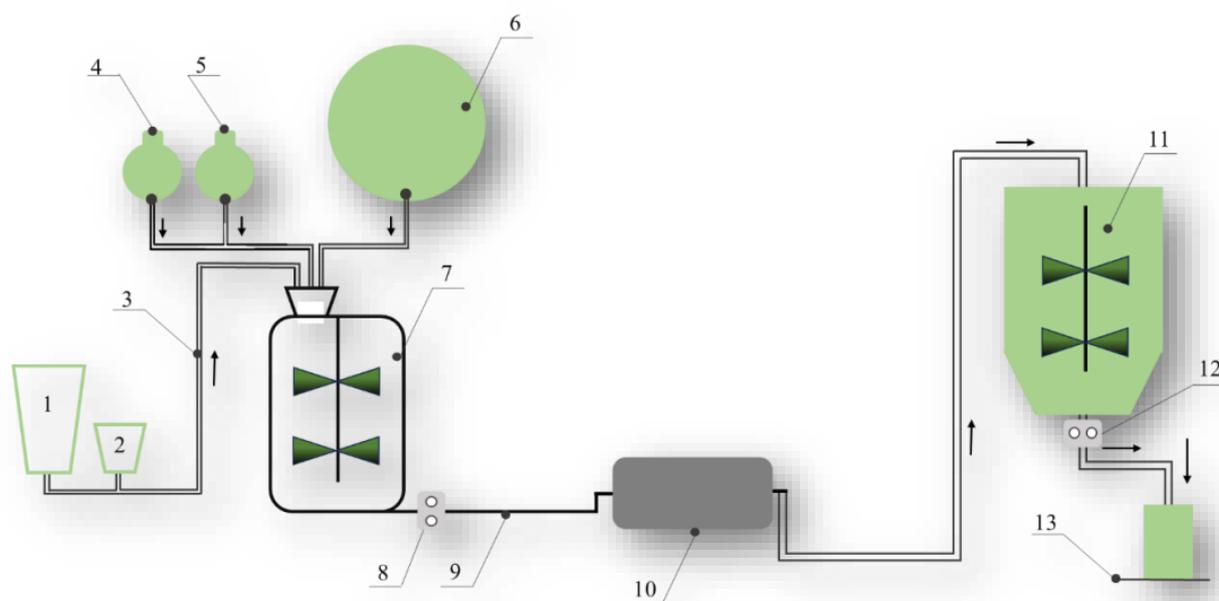


Рисунок 4.2 – Принципиальная технологическая схема производства РБК: 1 – бункер-накопитель для резиновой крошки шинной (СЦС-3,4); 2 – бункер-накопитель для резиновой крошки серой (СЦС-3,4); 3 – линия загрузки резиновой крошки в смеситель (ТА114/2-2600-6,2); 4 – ёмкость для химического реагента 1 (МК.ВН); 5 – ёмкость для химического реагента 2 (МК.ВН); 6 – битумная ёмкость (РГСн-25 м³); 7 – обогреваемый смеситель с высокоскоростной мешалкой (V-2м³, ООО НПЦ «ПРОМКУРС»); 8 – шестерёнчатый насос (VN-305); 9 – обогреваемая линия транспортировки резинобитумной композиции (ООО «КАМЕТА»); 10 – коллоидная мельница (КМГ-5); 11 – накопительная ёмкость с низкоскоростной лопастной мешалкой (V-4м³, ООО 2Б2-Центр»); 12 – шестерёнчатый насос (VN-305); 13 – узел разлива готовой резинобитумной композиции (ГП ООО «МВС Мехатроника»)

Применение коллоидной мельницы ведёт к достижению следующих эффектов:

Эффект 1: высокая гомогенность резинобитумной мастики и резинобитумных вяжущих, что соответствует требованиям стандартов дорожной отрасли и возможности производства продукции по технологии «Superpave PG».

Эффект 2: сокращение времени первичного смешивания в обогреваемом смесителе с высокоскоростной мешалкой (7) на 15 % (сокращение расхода электроэнергии).

Эффект 1 позволяет расширить область применения резинобитумных мастик и вяжущих, особенно для дорожно-мостового строительства.

Эффект 2 позволяет сократить затраты электроэнергии в составе себестоимости производства мастик и вяжущих на 9 %.

Таблица 4.8 – Технические характеристики коллоидной мельницы КМГ-5 [137]

Технические характеристики	Значение
Производительность, м ³ /ч	Не менее 6
Давление нагнетания, бар	6
Мощность привода, кВт	90
Скорость вращения вала, мин ⁻¹ , макс./мин.	3000/1500
Максимальное допустимое давление в системе, бар	16
Максимальная допустимая температура в системе, °С	200
Максимальное количество вводимых модификаторов, %	до 20
Максимальный размер частиц для возможности диспергирования, мм	до 0,8
Габаритные размеры (на раме с электродвигателем):	
• длина, мм	1976
• ширина, мм	594
• высота, мм	1016
Масса, кг	973

Способ получения РБК осуществляется следующим образом: сначала битум массой 0,85 т, предварительно прогретый при температуре 190-205 °С, перекачивают из битумной ёмкости (6) в обогреваемый реактор (7). При заданной скорости перемешивания, например, 20 об/мин, постепенно засыпают КРШ (чёрную) в количестве 0,10 т из бункера-накопителя для РК (1), затем мешалкой и насосом перемешивают и добиваются равномерного распределения РК по объёму. После этого дают выдержку по времени для набухания и деструкции РК. После чего постепенно добавляют КРТО (серую) в количестве 0,05 т из бункера-накопителя для РК (2),

также постепенно перемешивают до равномерного распределения её по объёму и дают выдержку по времени. После этого из ёмкости (4) добавляют активный модификатор в количестве $2/3$ от его общей массы, например, (в данном примере – в количестве 0,006 т), равномерно распределяют её по объёму вяжущего и выдерживают до окончания газовыделения. После окончания газовыделения добавляют остальное количество активного модификатора, то есть $1/3$ оставшейся массы парабановой кислоты (в данном примере в количестве 0,004 т) из ёмкости (5), равномерно распределяют по объёму вяжущего, также выдерживают до окончания процесса газовыделения.

Технологический процесс изготовления РБК заканчивается после отделения прореагировавшей газовой фазы. Готовый материал с помощью шестерёнчатого насоса (8) по обогреваемому битумопроводу (9) перекачивают в накопительную ёмкость с низкоскоростной лопастной мешалкой (11) и после понижения температуры полученной композиции на 20-30 °С разливают в тару через узел разлива (13). Готовый материал не содержит открытых пор и существенных по размерам газовых включений. Мастика должна быть однородной, без посторонних включений и не иметь частиц резиновой крошки, не покрытых битумом, и соответствовать нормам по ГОСТ 12.1.004-91.

4.9 Расчет аппарата механического перемешивания

Для расчета обогреваемого смесителя с высокоскоростной мешалкой используются данные, которые показаны в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Исходные данные для расчета

Параметр, единицы измерения	Значение
Диаметр мешалки d_m , м	0,63
Частота вращения мешалки n , c^{-1} ($мин^{-1}$)	1,17 (70)
Плотность жидко среды ρ_c , $кг/м^3$	1080
Вязкость жидкой среды μ , Па·с	0,02
Коэффициент сопротивления мешалки ξ	0,88
Ширина лопасти мешалки b , мм	42
Диаметр аппарата, м	0,96

1. Гидродинамический режим движения перемешиваемой жидкости оценивается согласно критерию Рейнольдса Re :

$$Re_M = \frac{\rho_c n d_M^2}{\mu} = \frac{1080 \cdot 1,17 \cdot 0,63^2}{0,02} = 25076,14, \quad (4.1)$$

при $Re > 100$, турбулентный режим перемешивания.

Определяем значение критерия мощности по графику $K_N=0,2$ [138].

2. Мощность, потребляемая мешалкой

$$N_p = K_N \cdot \rho n^3 d^5 = 0,2 \cdot 1080 \cdot (1,17)^3 \cdot (0,63)^5 = 340,33 \text{ Вт} = 0,34 \text{ кВт}. \quad (4.2)$$

3. Мощность в пусковой момент в 2-3 раза работы

$$N_{пус} = 2N_p = 2 \cdot 0,34 = 0,68 \text{ кВт}. \quad (4.3)$$

4. Установленная мощность, принимая КПД в электродвигателе с передачей 0,95 и запасом мощности в 20 %

$$N_{уст} = \frac{0,68 \cdot 1,2}{0,95} = 0,86 \text{ кВт}. \quad (4.4)$$

5. Критерий Фруда Fr_M для процесса перемешивания рассчитывается по формуле

$$Fr_M = \frac{n^2 d_M}{g} = \frac{(1,17)^2 \cdot 0,63}{9,8} = 0,088, \quad (4.5)$$

где g – коэффициент свободного падения, равен $9,8 \text{ м/с}^2$.

Результаты расчета представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Результаты расчета аппарата механического перемешивания

Параметр	Значение
Число Рейнольдса Re_M	25076,14
Мощность N , кВт	0,34
Критерий мощности K_N	0,2
Критерий Фруда Fr_M	0,088

По произведенным расчетам обогреваемого смесителя с высокоскоростной мешалкой отмечается, что для использования технологии производства РБК требуются высокие энергетические затраты.

Композиционные материалы, получаемые по двухстадийной технологии,

были разработаны и прошли практическое апробирование с использованием оборудования стандартного АБЗ, а в 2001 г. были запущены в опытно-промышленное производство на предприятии компании в Московской области.

Выпуск мастик осуществлялся под торговым знаком БРИТ, который был зарегистрирован компанией ООО «Ринтек» в 2001 г. [132].

Резинобитумные мастики, которые были разработаны и выпускались в промышленном масштабе под торговым знаком БРИТ, показали свои высокие эксплуатационные характеристики на объектах в различных регионах Российской Федерации, отличающихся природно-климатическими условиями.

Мастики «БРИТ-И» применялись при создании трамборта (краевые полосы трамвайного полотна) в качестве демпфирующего материала между асфальтовым покрытием и трамвайным рельсом) при устройстве трамвайных путей в г. Санкт-Петербурге, гидроизоляции швов и трещин в асфальтобетоне в Московской, Ленинградской, Свердловской, Смоленской областях, городе Санкт-Петербурге, при гидроизоляции швов и трещин на взлётных полосах аэродрома Домодедово Московской области. Резинобитумные материалы (вяжущие для дорожного строительства) показали на практике свою эффективность при устройстве тонкослойных асфальтобетонов на городских магистралях (Приложения Е, Ж).

Выводы к главе

По итогам проведения сравнительной оценки образцов РК, полученной с использованием двух технологий (криогенное и механическое измельчение резиносодержащих отходов) и модификатора на основе резиновой крошки «КМА» была осуществлена оценка исследований РБК с модификатором «КМА», приготовленной простым механическим смешиванием битума и резиносодержащего модификатора на предмет оценки физико-механических свойств экологически безопасной РБК.

Проведённый сравнительный анализ взаимодействия модификатора, приготовленного для введения в асфальтобетон по «сухому» методу и РБК, разработанной и запатентованной автором, показал её эффективность и высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с РБК, полученной простым механическим

смешиванием битумов различных марок с модификатором «КМА». Результаты проведённой работы показали, что резинобитумные мастики и резинобитумное вяжущее с высокими эксплуатационными характеристиками могут быть получены исключительно в результате химико-технологического процесса модификации битума. Исходная РК и резиносодержащий модификатор при механическом перемешивании с битумом не вступает в химическую реакцию, что не позволяет получить термостабильную РБК для применения в дорожно-мостовом строительстве.

Проведённый комплекс исследований композиционных резинобитумных мастик, полученных по двухстадийной технологии модификации битумов (технология БРИТ) показал, что независимо от вида марки битума, использованного в качестве исходного компонента в рецептуре мастики:

- резинобитумная мастика способна выдерживать без разрушения и принципиального изменения показателей физико-механических свойств нагрев до рабочих технологических температур (170-180 °С), длительное воздействие воды, циклические перепады температуры окружающего воздуха от положительных к отрицательным;

- гарантией эксплуатационной надёжности резинобитумной мастики является устойчивость каркаса резиновой крошки в массе битума, что должно достигаться оптимизацией рецептуры мастики и технологического режима её приготовления.

Разработана технология РБК, которая включает в себя РК, активный модификатор и вяжущее – битум. В качестве активного модификатора используется соединение из ряда парабановых кислот, способных регулировать процесс деструкции и сшивки частиц резины в битуме без заметной сегрегации за счёт генерирования химически активных частиц в составе образуемых при распаде активного модификатора изолированных газовых микровключений, при следующем соотношении компонентов:

- резиновая крошка – 5-15 % масс.;
- ряд парабановых кислот и их производные – 1-2 % масс.;
- битум – остальное.

Таким образом, в ходе проведённых исследований показано, что РК может быть использована в качестве модификатора битума с целью повышения его вязкости, эластичности, снижения хрупкости, но это происходит лишь в результате химико-технологического процесса приготовления резинобитумного вяжущего. Модификаторы, приготовленные на основе РК, могут быть использованы как непосредственная добавка к минеральным составляющим асфальтобетонной смеси при «сухом» методе введения в асфальтобетонную смесь, и в этом случае достигается эффективная модификация асфальтобетонов. При применении модификаторов и резинобитумного вяжущего в дорожных покрытиях улучшается их трещиностойкость и сдвигоустойчивость. Оптимальной и наиболее эффективной технологией производства асфальтобетонных смесей с РК является использование резинобитумного вяжущего, чем достигается максимальное раскрытие свойств модифицированной РК и оптимальное распределение зёрен крошки по всему объёму асфальтобетонной смеси. Однако такой подход требует специального технологического оборудования на АБЗ, которые в настоящее время его не имеют, что вызывает сложности и нежелание подрядных дорожных организаций использовать резинобитумное вяжущее в технологическом цикле приготовления асфальтобетона.

Таким образом, утилизация изношенных шин и отходов РТИ, образующихся на промышленных предприятиях и у населения, позволяет получить высокотехнологичные строительные материалы для использования в дорожно-мостовом строительстве, что приводит к сокращению полигонного захоронения и, как следствие, позволяет достичь значительного экологического эффекта. Такой модельный подход к управлению однородными отходами с получением высокотехнологичной продукции может быть применён и к другим видам отходов, образующихся на территориях промышленных районов.

ГЛАВА 5 РАСЧЕТ ПРЕДОТВРАЩЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕДА И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ РЕЗИНОБИТУМНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Произведен расчет экономической эффективности при внедрении технологии приготовления РБК, с учётом инвестиционных затрат и расчёта себестоимости приготовления продукции. Проведён также расчёт экономической прибыли при реализации готовой продукции для строительной отрасли. Кроме того, рассчитан экологический вред на примере полигона отходов шинного производства в Нижнекамском промышленном узле. Рассчитан предотвращённый экологический вред за счёт реализации технологии приготовления РБК и организации производства мастик БРИТ в объёме 1095 т в год.

5.1 Расчёт инвестиционных затрат на оборудование по приготовлению резинобитумной композиции

Затраты на оборудование должны учитывать рыночную стоимость оборудования, комплект запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП), транспортные расходы, монтаж и пусконаладочные работы (ПНР) [139]. Дополнительные расходы рассчитываются из расчета 10 % от стоимости оборудования, доставки и установки, 5-15 % от транспортных и закупочных затрат (ТЗР), 25-35 % от затрат на монтаж оборудования и ПНР. Смета стоимости оборудования представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Стоимость основного оборудования

Наименование технологического оборудования	Кол-во	Цена, тыс. руб. за единицу	Сумма, тыс. руб.	ТЗР 10 %	Затраты на монтаж 30 %	Всего капитальных затрат, Кз, тыс. руб
1	2	3	4	5	6	7
Бункер-накопитель для РК, СЦС-3,4 ООО «ПРОМСИЛТЭК»	1	287 760,00	287 760,00	28 776,00	86 328,00	393 864,00

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7
Линия загрузки РК в смеситель, транспортер серии ТА114/2-2600-6,2 ООО «Завод агрегатов»	1	396 400,0 0	396 400,00	39 640,00	118 920,00	554 460,00
Обогреваемый реактор-смеситель с высокоскоростной мешалкой V-2м3, ООО НПЦ «ПРОМКУРС»	1	1 278 000,0 00	1 278 000,0 0	127 800,00	383 400,00	1 789 200,0 0
Химические реагент, бункер дозатор МК.ВН ООО «ПТК «ИНЖИНИРИНГ»	1	437 520,0 0	437 520,00	-	-	437 520,00
Битумная емкость РГСн-25 м3, ООО «Нефтеспецстрой»	1	2 735 500,0 00	2 735 500,0 0	273 550,00	820 650,00	3 829 700,0 0
Насос подачи ГП в накопительную емкость, VN-305, ООО «ТЕХНОЛОГИЯ»	1	355 000,0 0	355 000,00	35 500,00	106 500,00	497 000,00
Технологические трубопроводы подачи ГП в накопительную емкость ООО «КАМЕТА»	1	152 220,0 0	152 220,00	15 222,00	45 666,00	213 108,00
Смеситель-охладитель с перемешивающим устройством V-4м3, ООО 2Б2-Центр»	1	970 000,0 0	970 000,00	97 000,00	291 000,00	1 358 000,0 0
Узел фасовки ГП ООО «МВС Мехатроника»	1	5 885 000,0 00	5 885 000,0 0	588 500,00	1 765 500,0 0	8 239 000,0 0
Итого сумма						17 311 852,00

Итоговая сумма стоимости основного оборудования для производства резино-битумной композиции составляет 17 311 852,00 рублей. Стоимость основного оборудования рассчитывается с учётом 30 % от общей суммы технического оборудова-

ния, которое характеризуется длительным периодом эксплуатации и является дорогостоящим. В расчёт стоимости включают затраты на закупку оборудования, монтаж и транспортировку.

Для приобретения ЗИП следует заложить сумму в 10 % от стоимости оборудования:

$$K_2 = 0,1 * K_3 = 0,1 * 17\,311\,852,00 = 1\,731\,185,20 \text{ руб.} \quad (5.1)$$

Капитальные инвестиции по установке показаны в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Капитальные инвестиции на установку

Наименование затрат	Сумма, тыс. руб.
1 Технологическое оборудование, K_3	17 311 852,00
2 Запасные части, инструменты, принадлежности, K_2	1 731 185,20
Итого сумма	19 043 037,20

5.2 Расчет себестоимости изготовления резинобитумной композиции

Себестоимость производства РБК включает в себя затраты на оборудование, приобретение материалов и энергии.

Для расчета себестоимости продукции учитывают инвестиции в основные материалы M , руб, которые рассчитываются следующим образом:

$$M = H_m * C_m \quad (5.2)$$

где H_m – норма расхода материалов на одну единицу продукции;

C_m – цена 1 кг используемого материала.

Расчеты инвестиций на основные материалы при производстве РБК представлены в таблицах 5.3, 5.4, 5.5.

Таблица 5.3 – Инвестиции на основные материалы (состав 1)

Наименование материалов	Норма расхода, т	Транспортно-заготовительные расходы, руб.	Цена материалов, руб./т	Цена сырья на производство 1 т продукции, руб.	Затраты на материалы, руб.
Резиновая крошка из амортизированных автомобильных шин, 9,8 %	0,098	25000	18500	1813	1813
Резиновая крошка из утилизированных резинотехнических изделий, 5 %	0,050	25000	15000	750	750
Парабановая кислота, 2 %	0,020	22000	9000	180	180
Битум нефтяной дорожный вязкий БНД 60/90, 83,2 %	0,832	30000	28900	24044	24044
Итого сумма					26787

Таблица 5.4 – Инвестиции на основные материалы (состав 2)

Наименование материалов	Норма расхода, т	Транспортно-заготовительные расходы, руб.	Цена материалов, руб./т	Цена сырья на производство 1 т продукции, руб.	Затраты на материалы, руб.
Резиновая крошка изношенные покрышки, 5,6 %	0,056	25000	18500	1036	1036
Резиновая крошка утилизированные противогогазы, 2 %	0,020	25000	30000	600	600
Метилпарабан, 1 %	0,010	22000	831000	8310	8310
Минеральный наполнитель известь пушеная, 10 %	0,100	26000	50000	5000	5000
Битум дорожный улучшенный БДУ 70/100, 81,4 %	0,814	30000	30000	24420	24420
Итого сумма					39366

Таблица 5.5 – Инвестиции на основные материалы (состав 3)

Наименование материалов	Норма расхода, т	Транспортно-заготовительные расходы, руб.	Цена материалов, руб./т	Цена сырья на производство 1 т продукции, руб.	Затраты на материалы, руб.
Резиновая крошка изношенные ездовые камеры, 3 %	0,030	25000	18500	555	555
Резиновая крошка резинотехнические изделия, 2 %	0,020	25000	18500	370	370
Диметилпарабан, 1,6 %	0,016	22000	19500	3120	3120
Битум дорожный БНД 60/120, 93,4 %	0,934	30000	25000	23350	23350
Итого сумма					27395

Инвестиции на материалы по производству РБК по составу № 1 составляют 26787,00 руб., по составу № 2 составляют 39366,00 руб., по составу № 3 составляют 27395,00 руб.

Амортизационные отчисления A – издержки средств, предназначенных для выкупа основных капитальных вложений в производство, рассчитываются с учетом инвестиционных затрат (K_i) и норм амортизации (Ha_i) по формуле

$$A = \sum K_i * \frac{Ha_i}{100}, \quad (5.3)$$

где A – амортизационные отчисления в год, тыс. руб.;

Ha_i – норма амортизационных отчислений (применяется для оборудования как 10, для дорогостоящих инструментов как 20).

$$A = 17311852,00 * \frac{10}{100} + 17311852,00 * \frac{20}{100} = 5\,193\,555,6 \text{ руб.}$$

При учёте применения в производстве основного оборудования годовой объем производства РБК 1095 т, то сумма годовой амортизации равна:

$$A_{\text{экс}} = \frac{A}{1095} = \frac{5193555,6}{1095} = 4742,9 \text{ руб.} \quad (5.4)$$

5.3 Расчёт необходимых средств для оплаты потребляемой электроэнергии

При выпуске готовой продукции в технологических процессах следует учитывать потребление оборудованием электроэнергии. Производственные установки потребляют электроэнергию согласно тарифу 7,50 руб./кВт*ч (среднее значение для Ленинградской области). Расчёт потребляемой электроэнергии при производстве РБК представлен в таблице 5.6.

Инвестиции для потребления электроэнергии составили 1179,4 руб. для производства 1 т готового продукта с учётом фасовки $Z_{\text{эл.эн.}}$ 1179,4 руб.

Таблица 5.6 – Инвестиции при потреблении электроэнергии

Технологические процессы	Затрачиваемая энергия, кВт	Продолжительность, ч	Затраты на электроэнергию, руб.
Дозирование сырья в реактор-смеситель	13	1	97,5
Перемешивание и созревание продукта	39	3	877,5
Перекачивание продукта в накопительную ёмкость	7,5	0,2	1,9
Охлаждение продукта	11	2	165
Фасовка готового продукта	5	1	37,5
Итого сумма			1179,4

Расчёт общей суммы затрат на такие показатели, как потребление электрической энергии и амортизационные отчисления на оборудование осуществляется по формуле

$$Z_{\text{экс}} = A_{\text{экс}} + Z_{\text{эл.эн.}} = 4\,742,9 + 1179,4 = 5\,922,3 \text{ руб.} \quad (5.5)$$

Расчёт себестоимости готовой продукции РБК представлен в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Расчёт калькуляция себестоимости РБК

Наименование статей	Сумма, тыс. руб.	% по отношению к итогу	Сумма, тыс. руб.	% по отношению к итогу	Сумма, тыс. руб.	% по отношению к итогу
	Состав №1		Состав №2		Состав №3	
Приобретение материалов	26787,0	81,9	39366,0	86,9	27395,0	82,2
Расходы на техническое обслуживание, эксплуатацию оборудования	5922,3	18,1	5922,3	13,1	5922,3	17,8
Итого сумма	32709,3	100	45288,3	100	33317,3	100

При производстве РБК себестоимость продукта по составу № 1 составляет 32 709,3 руб., по составу № 2 составляет 45 288,3 руб., по составу № 3 - 33 317,3 руб.

5.4 Расчет размера экологического вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды

В литературе [140] описываются методы, регулирующие природоохранную деятельность. К ним относятся следующие методы:

- административно-правовые;
- организационные;
- социально-психологические;
- экономические.

Экономическим методам отводится главная роль в управлении природоохранной деятельности. Эти методы включают в себя разработку и применение на практике тарифов, цен, штрафов, премиальных систем. Их цель заключается в комплексном и рациональном использовании природных ресурсов и в охране окружающей среды.

Одним из показателей, отражающих негативное воздействие на окружающую среду, является показатель экологического ущерба, возникающего в результате той или иной деятельности.

Под экологическим ущербом понимается ущерб, причиняемый экосистемам в целом или их отдельным компонентам. Экологический ущерб может быть оценен как в натуральных единицах измерения, так и в стоимостной форме.

Основополагающий принцип оценки экологического ущерба, лежащий в основе существующих на сегодняшний день подходов, может быть сформулирован следующим образом: при загрязнении окружающей среды на уровне, не превышающем пороговых значений ПДК, ущерб можно условно приравнять нулю.

И, наоборот, при достижении (а тем более превышении) ПДК экологический ущерб становится бесконечно большим.

В настоящее время оценка экологического ущерба производится, как правило, только по тем компонентам экосистем, которые вовлечены в хозяйственный оборот в качестве ресурсов и факторов производства (ресурсный подход). Например, – почвы.

Почва является важнейшим компонентом окружающей среды, представляющим собой поверхностный слой Земли, состоящий из минеральных и органических веществ, воды, воздуха, почвенных организмов, продуктов их жизнедеятельности, являющийся средой обитания растений, животных и микроорганизмов, а также выполняющий экологические функции [141].

Статьей 75 Федерального закона от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (далее – Закон) за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды предусмотрен такой вид юридической ответственности как: имущественная.

В силу пунктов 1 и 3 статьи 77 Закона юридические и физические лица, причинившие вред окружающей среде в результате ее загрязнения, истощения, порчи, уничтожения, нерационального использования природных ресурсов, деградации и разрушения естественных экологических систем, природных комплексов и природных ландшафтов и иного нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обязаны возместить его в полном объеме в соответствии с законодательством. Причиненный вред возмещается в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления размера вреда окружающей среде, а при их отсутствии исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды.

При этом, пунктом 3 статьи 78 Закона установлен особый срок исковой давности о возмещении вреда, причиненного окружающей среде вследствие нарушений обязательных требований, а именно: 20 лет.

В настоящее время различными исполнительными органами государственной власти утверждено 8 различных методик исчисления вреда, причиненного окружающей среде. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды утверждена Приказом Минприроды России от 08.07.2010 №238 (далее – Методика)) [142].

Указанная Методика предназначена для исчисления в стоимостной форме размера вреда, нанесенного почвам, в том числе имеющим плодородный слой, в

результате нарушения законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды, а также при возникновении аварийных и чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Настоящей Методикой исчисляется в стоимостной форме размер вреда, причиненный почвам как самостоятельному естественно-историческому органоминеральному природному телу, возникшему на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящему из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющему специфические генетико-морфологические признаки и свойства, создающие в некоторых случаях при определенных природно-климатических условиях благоприятные химические, физические и биологические условия для роста и развития растений, в результате их загрязнения, порчи (частичного разрушения), уничтожения (полного разрушения) плодородного слоя.

Методика не распространяется на случаи загрязнения почв радиоактивными веществами, а также на случаи захламления почв радиоактивными отходами, биологическими отходами, медицинскими отходами.

Как следует из сообщений в сети «Интернет» в 2020 году: в Республике Татарстан объявлен тендер на выполнение работ по рекультивации несанкционированной свалки у села Прости (ударение на первый слог) Нижнекамского района [143].

Свалка образовалась в 90-е годы, когда у села Прости был организован полигон отходов производства для резинотехнических изделий ПО «Нижнекамскшина». Участок площадью 16 га был отведен для полигона промышленных отходов постановлением главы администрации города Нижнекамска и Нижнекамского района от 02.12.1992. Полигон был предназначен для захоронения неперерабатываемых отходов шинного производства. Его эксплуатация продолжалась с 1992 по 1995 гг.

Уже в 1995 г. была проведена рекультивация земельного участка на площади 25 га. Отходы были перекрыты слоем строительных отходов, минеральным грунтом и плодородным слоем почвы с посевом трав. Однако за период с 1995 года до 2020 года территория свалки подверглась «значительному преобразованию ввиду

неоднократных пожаров на свалке и постоянного механического воздействия на исходную растительность тяжелого автотранспорта, доставляющего грунт для тушения пожаров». К тому же на протяжении долгого времени жителями проводились и незаконные раскопки отходов «с целью извлечения ценных отходов (каучук, резина, металл черный и цветной и пр.)».

При хранении продукты каучуков являются чрезвычайно реакционноспособными и токсичными химическими соединениями, а при сжигании 1 т отработанных шин на открытом воздухе образуется до 450 кг газообразных продуктов.

С целью расчета вреда, причиненного окружающей среде (почвы) в результате размещения резинотехнических отходов возле с. Прости, в настоящей работе произведено исчисление вреда в соответствии с Методикой [142].

Как следует из данных открытых источников, общая площадь восстановленных, в т.ч. рекультивированных земель, ранее подверженных негативному воздействию накопленного вреда окружающей среде – 15,1 га, Объем захороненных шин и иных резинотехнических изделий, которые являются отходами четвертого класса опасности, составляет 459 000 куб. м.

Исчисление в стоимостной форме размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, осуществляется по формуле

$$УЩ = УЩ_{загр} + УЩ_{отх} + УЩ_{перекр} + УЩ_{сн} + УЩ_{уничт}, \quad (5.6)$$

где $УЩ$ - общий размер вреда, причиненного почвам (руб.);

$УЩ_{загр}$ - размер вреда в результате загрязнения почв, возникшего при поступлении в почву загрязняющих веществ, приводящего к несоблюдению нормативов качества окружающей среды для почв, включая нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве, нормативы качества почв в пределах территории субъекта Российской Федерации (далее - нормативы ПДК и ОДК химических веществ в почве, региональные нормативы соответственно), который рассчитывается в соответствии с пунктом 5 Методики (в руб.);

$УЩ_{отх}$ - размер вреда в результате порчи почв при их захламлении, возникшего при складировании на поверхности почвы или в почвенной толще отходов производства и потребления, который рассчитывается в соответствии с пунктом 9 Методики (в руб.);

$УЩ_{перекр}$ - размер вреда в результате порчи почвы при перекрытии ее поверхности, возникшего при перекрытии искусственными покрытиями и (или) объектами (в том числе линейными объектами и местами несанкционированного размещения отходов производства и потребления), который рассчитывается в соответствии с пунктом 10 Методики (в руб.);

$УЩ_{сн}$ - размер вреда в результате порчи почв при снятии и (или) перемещении плодородного слоя почвы, который рассчитывается в соответствии с пунктом 11 Методики (в руб.);

$УЩ_{уничт}$ - размер вреда в результате уничтожения (полного разрушения) плодородного слоя почвы, который рассчитывается в соответствии с пунктом 12 Методики (в руб.).

Как можно видеть из приведенной формулы, ущерб почвам может быть исчислен в результате следующих нарушений обязательных требований:

- несоблюдение нормативов качества окружающей среды для почв;
- захламление почв отходами производства и потребления;
- перекрытие поверхности почв, возникшее при перекрытии искусственными покрытиями и (или) объектами (в том числе линейными объектами и местами несанкционированного размещения отходов производства и потребления);
- порча, снятие, перемещение, уничтожение плодородного слоя почвы.

В случаях, если какой-либо вид из перечисленных выше нарушений отсутствует (не установлен), расчет размера вреда, причиненного почвам, может быть исчислен по хотя бы одному из них.

В расчетах размера вреда, причиненного почвам, используются следующие общие таксы и коэффициенты: показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка ($K_{исп}$); показатель, учитывающий мощность плодородного слоя почвы ($K_{мпс}$); таксы (ТХ) для исчисления размера

вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, при загрязнении, порче (частичном разрушении) и уничтожении (полном разрушении) почв; таксы (ТОТХ) для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, в результате порчи почв при их захламлении.

При исчислении размера вреда, причиненного почвам, важно учитывать, что только таксы для исчисления размера вреда рассчитываются с учетом коэффициента дефлятора. При расчете размер умножается на коэффициент -дефлятор.

Коэффициент рассчитывается как накопленное значение с 2010 года к году причинения вреда почвам.

Точное значение определяется путем произведения индекс-дефляторов по строке «Инвестиции в основной капитал за счет всех источников финансирования» без учета прогнозного значения на текущий год.

Данные по индекс-дефляторам публикует Министерство экономического развития России в прогнозах социально-экономического развития.

С учетом имеющихся у автора работы сведений такие слагаемые, как: $УЩ_{загр}$, $УЩ_{сн}$, $УЩ_{уничт}$ в расчетах не участвуют. Расчет размера вреда окружающей среде исчислен для: $УЩ_{отх}$ и $УЩ_{перекр}$.

$$УЩ_{отх} = \sum_{i=1}^n (M_i * T_{отх}) * K_{исп} * K_{исп}, \quad (5.7)$$

где $УЩ_{отх}$ – размер вреда (руб.);

M_i – масса отходов с одинаковым классом опасности (т);

n – количество видов отходов, сгруппированных по классам опасности в пределах одного участка, на котором выявлено несанкционированное размещение отходов производства и потребления. n принимаем равном 1 (отходы 4 класса опасности согласно Федеральному классификационному каталогу отходов);

$K_{исп}$ - показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка, который определяется в соответствии с пунктом 8 Методики;

T_{omx} - такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, в результате порчи почв при их захламлении, определяется согласно приложению 2 к Методике (руб./т);

K_{mnc} - показатель, учитывающий мощность плодородного слоя почвы, определяется в соответствии с пунктом 13 Методики.

M_i определяем как произведение объемного веса для шин (γ) на объем размещенных отходов шин (куб.м). γ принимаем равным 0,4 т/м³.

$$M_i = 0,4 * 459\ 000 = 183\ 600\ t \quad (5.8)$$

K_{ucn} в соответствии с пунктом 8 Методики принимаем для земель остальных категорий и видов разрешенного использования, а также для земельных участков, государственная собственность на которые не разграничена – 1,0.

T_{omx} в соответствии с Приложением 2 к Методике для отходов 4 класса опасности составляет 13 000 руб./т.

T_{omx} рассчитываем с учетом коэффициента-дефлятора. Коэффициент-дефлятор определяем в соответствии с индекс-дефляторами, содержащимися в Прогнозе социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года [144], размещенного на сайте Министерства экономического развития Российской Федерации, а также ранее публиковавшихся прогнозов на сайте Минэкономразвития.

Коэффициент дефлятор определен как произведение индекс-дефляторов с 2010 по 2020 годы:

$$ИД = (1,080 * 1,088 * 1,068 * 1,060 * 1,049 * 1,143 * 1,081 * 1,037 * 1,049 * 1,050 * 1,044) = 2,06. \quad (5.9)$$

K_{mnc} в соответствии с пунктом 13 Методики принимаем равным 1.

Таким образом,

$$УЩ_{omx} = 183\ 600 * 1 * (13\ 000 * 2,06) * 1 = 4\ 916\ 808\ 000\ руб.$$

$$УЩ_{перекр} = S * Kr * K_{ucn} * T_x * K_{mnc}, \quad (5.10)$$

где S – площадь участка, на котором обнаружена порча почв (м²);

K_r – показатель, учитывающий глубину загрязнения, порчи почв при перекрытии ее поверхности искусственными покрытиями и (или) объектами (в том числе линейными объектами и местами несанкционированного размещения отходов производства и потребления), определяется в соответствии с пунктом 7 Методики;

$K_{исп}$ – показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка, который определяется в соответствии с пунктом 8 Методики;

T_x – такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, при порче почв определяется согласно приложению 1 к Методике (руб./м²);

$K_{мис}$ – показатель, учитывающий мощность плодородного слоя почвы, определяется в соответствии с пунктом 13 Методики.

$$S=15,1 га=151\ 000 м^2.$$

K_r , $K_{исп}$ и $K_{мис}$ принимаем равными 1.

T_x с учетом определенного ранее коэффициента дефлятора (2,06) для лесостепной зоны определяем как: $500*2,06 руб./м^2=1\ 030 руб./м^2$.

Таким образом, $УЩ_{перекр}=151\ 000 *1*1*1\ 030*1=155\ 530\ 000 руб.$

$УЩ$ - общий размер вреда, причиненного почвам (руб.) определяем как сумму $УЩ_{отх}$ и $УЩ_{перекр}$.

$$УЩ=4\ 916\ 808\ 000 + 155\ 530\ 000 = 5\ 072\ 338\ 000 руб.$$

5.5 Расчет размера предотвращённого экологического вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды

Организация производства РБК и мастик марки БРИТ объемом 1095 т в год, с применением технологического оборудования, позволяет использовать 162 т РК (14,8 % на т мастики по составу № 1). Такой объем мелкодисперсной РК размером 0,63-0,8 мм получается при утилизации примерно 270 т изношенных шин и резиносодержащих отходов.

При размещении на почве автомобильных покрышек площадь участка размещения может составлять 100 м².

Расчёт экологического вреда от размещения на почве 270 т изношенных шин как отхода IV класса опасности составляет:

$$УЩ_{отх} = 270 * 1 * (13\ 000 * 2,06) * 1 = 7\ 230\ 600 \text{ руб.}$$

$$УЩ_{перекр} = 100 * 1 * 1 * 1\ 030 * 1 = 103\ 000 \text{ руб.}$$

Итого:

$$УЩ = 7\ 230\ 600 + 103\ 000 = 7\ 303\ 600 \text{ руб.}$$

Выводы к главе

Таким образом, на основании расчётов можно отметить, что в случае организации ПАО «Нижекамскшина» предприятия по утилизации отходов шин (брак) и отходов РТИ предотвращённый экологический вред почвам может составить в ценах 2024 года 7 303 600 рублей в год.

Сбыт резиновой крошки (продукта переработки) различных фракций может стать экономически эффективным для предприятия.

Выпуск продукции РБК и их применение на объектах строительства также имеют потенциал экономически эффективного бизнеса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведённых исследований сформирован научно-методический подход к организации экотехнопарков и разработан экологически безопасный способ утилизации вторичного резинового сырья в условиях создания экотехнопарка для применения на объектах дорожного строительства.

1. Разработан механизм функционирования экотехнопарков на принципах промышленного симбиоза на примере Нижнекамского промышленного узла Республики Татарстан. Сформулированы принципы планирования экотехнопарков как одного из элементов экономики замкнутого цикла, что нашло отражение в нормативно-правовых актах Российской Федерации (Постановления Правительства РФ от 04 июля 2022 г. № 1202, и от 07 июля 2022 г. № 1216).

2. Разработана технология получения экологически безопасной РБК на основе резиновой крошки для применения в дорожном строительстве. В качестве активного модификатора при приготовлении РБК предложено использовать соединения из ряда парабановых кислот, способных регулировать процесс деструкции и сшивки частиц резины в битуме. Осуществлён подбор соотношения компонентов РБК: резиновая крошка 14,8 % (масс.); ряд парабановых кислот и их производных 2 % (масс.); битум 83,2 % (масс.), которая позволяет получить РБК с устойчивостью к расслоению более чем в 3 раза, повышаются температура размягчения (от 47 °С до 97 °С) и эластичность (с 4 % до 76 %), растяжимость при 0 °С (с 4 см до 6,1 см), снижается температура хрупкости (с -19 °С до -24 °С) по сравнению с контрольным образцом, не модифицированным парабановыми кислотами.

3. Разработана принципиальная технологическая схема производства экологически безопасной РБК по представленной рецептуре. Произведён расчёт средней себестоимости производства РБК, которая составила 38788 руб. за 1 т, в зависимости от рецептуры (процентное содержание вторичного резинового сырья).

4. Рассчитан предотвращенный экологический вред, который составил 7 303 600 рублей в год для ПАО «Нижнекамскшина» с учетом утилизации 270 т в год отходов IV класса опасности.

Перспективным направлением развития исследований может стать разработка обоснования, необходимого для создания стандартов, содержащих методические рекомендации по организации и функционированию экотехнопарков на принципах промышленного и коммунально-промышленного симбиоза, а также документов стандартизации, определяющих технологии производства и применения продукции с долей вторичного резинового сырья.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АБЗ - асфальтобетонный завод

ЗИП – затраты на комплект запасных частей, инструментов и принадлежностей

КМА - комплексный модификатор асфальтобетона

КПК - коммунально-промышленные комплексы

КРТО - крошка резиновая из резинотехнических изделий

КРШ – крошка резиновая из шин

НДТ - наилучшая доступная технология

НИОКР - научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

НИР - научно-исследовательская работа

ПВХ – поливинилхлорид

ПНР - пусконаладочные работы

ПЭК - производственный экологический контроль

РБК - резинобитумная композиция

РК – резиновая крошка

РТИ - резинотехнические изделия

ТЗР – транспортно-заготовительные расходы

ТКО - твёрдые коммунальные отходы

ТУ – технические условия

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скобелев Д.О. Ресурсная эффективность экономики: Аспекты стратегического планирования / Д.О. Скобелев // Менеджмент в России и за рубежом. – 2020. – № 4. – С. 3–13.
2. Скобелев Д.О. Политика повышения ресурсной эффективности для обеспечения устойчивого развития российской промышленности: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Скобелев Дмитрий Олегович. – Апатиты, 2021. – 306 с.
3. Перечень поручений Президента Российской Федерации по результатам проверки исполнения положений законодательства об обращении с отходами производства и потребления, отнесенными к III классу опасности: от 16.09.2020 № Пр-1489 [Электронный ресурс] // Сайт Президента России. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/64046> (дата обращения: 20.12.2021).
4. Послание Президента Федеральному Собранию (15 января 2020 г.) [Электронный ресурс] // Сайт Президента России. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/62582> (дата обращения: 20.12.2021).
5. Тарасова Н.П. Химия и проблемы устойчивого развития и сохранения окружающей среды // Н.П. Тарасова, О.М. Нефёдов, В.В. Лунин // Успехи химии. – 2010. – Т. 79, № 6. – С. 491–492.
6. Зелёная химия и российская промышленность / Н.П. Тарасова, А.С. Макарова, С.Ю. Вавилов [и др.] // Вестник РАН. – 2013. – Т. 83, № 12. – С. 1–8.
7. Тарасова Н.П. Безотходные, чистые и зелёные технологии / Н.П. Тарасова, В.А. Зайцев, В.А. Кузнецов // Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – Т. 28, № 4. – С. 19–22.
8. Vest H. German Experiences to obtain Energy Efficiency Gains in Cities through Eco-Industrial Park (EIP) Development. Training textbook / H. Vest, M. Weber. – Beijing, 2015. – 57 p.
9. Kechichian E. Mainstreaming Eco-Industrial Parks [Электронный ресурс] / E. Kechichian, M.H. Jeong // The World Bank Group. – 2016. – URL:

<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/24921/Mainstreaming00020150event0in0Seoul.pdf?sequence=5&isAllowed=y> (дата обращения: 05.01.2021).

10. Maryev V.A. Current Waste Management Status and Trends in Russian Federation: Case Study on Industrial Symbiosis. / Maalouf A., Maryev V.A., Smirnova T.S., Mavropoulos A. // In: Baskar C., Ramakrishna S., Baskar S., Sharma R., Chinnappan A., Sehrawat R. (eds) Handbook of Solid Waste Management. – Springer, Singapore. – 2021. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7525-9_15-1

11. Manahan S.E. Environmental Chemistry / S.E. Manahan. – Boca Raton: CRC Press LLC, 2000. – 898 p.

12. Lowe E.A. Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries. A Report to Asian Development Bank, Environment Department, Indigo Development, Oakland, CA [Электронный ресурс] / E.A. Lowe // Indigo Development. – 2001. – URL: <http://www.indigodev.com/Handbook.html> (дата обращения: 06.01.2021).

13. Fleig A.-K. Eco-Industrial Parks. A Strategy towards Industrial Ecology in Developing and Newly Industrialized Countries [Электронный ресурс] / A.-K. Fleig // Lernprojekt Meso-NRW. – 2000. – URL: <http://meso-nrw.de/toolkit/Downloads/etc-11.pdf> (дата обращения: 06.01.2021).

14. Korhonen J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem / J. Korhonen // Journal of Cleaner Production. – 2001. – Vol. 9, I. 3. – P. 253–259.

15. Ioannou T. Municipal Solid Waste Management in the context of Industrial Ecology: the case study of Athens – Greece [Электронный ресурс] / T. Ioannou, K. Abeliotis, K. Lasaridi // National Technical University of Athens. School of Chemical Engineering. Unit of Environmental Science and Technology (UEST). – 2014. – URL: <http://uest.ntua.gr/conference2014/pdf/lasaridi.pdf> (дата обращения: 06.01.2021).

16. Chertow M.R. Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy / M.R. Chertow // Annual Review of Energy and the Environment. – 2000. – Vol. 25. – P. 313–337.

17. Alhilali S. Development of international standardized approach for Eco-Industrial Parks [Электронный ресурс] / S. Alhilali // Working Group on Sustainable Industrial Areas: International Conference on Sustainable Industrial Areas (SIA), 14-15 March

2017. - URL: <https://www.sia-toolbox.net/conference/2017/wp-content/uploads/2016/05/Groupe-2-Smail-El-Hilali.pdf> (дата обращения: 06.01.2021).

18. Massard G. International survey on eco-innovation parks. / G. Massard, O. Jacquat, D. Zürcher. – Bern, 2014. – 310 p.

19. Lowe E.A. Fieldbook for the Development of Eco-Industrial Parks. Final Report / E.A. Lowe, S.R. Moran, D.B. Holmes. – Oakland (California): Indogo Development, 1996. – 340 p.

20. Côté R. Industrial parks as ecosystems / R. Côté, J. Hall // *Journal of Cleaner Production*. – 1995. – Vol. 3, I. 1–2. – P. 41–46.

21. Saikku L. Eco-industrial parks. A background report for the eco-industrial park project at Rantasalmi / L. Saikku. – Mikkeli, 2006. – 46 p.

22. Côté R.P. Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences / R.P. Côté, E. Cohen-Rosenthal // *Journal of Cleaner Production*. – 1998. – Vol. 6, I. 3–4. – P. 181–188.

23. Eco-Industrial Parks: A Case Study and Analysis of Economic, Environmental, Technical, and Regulatory Issues. Final Report / S.A. Martin, K.A. Weitz, R.A. Cushman [et al.] – Washington (DC), 1996. – 274 p.

24. Liwarska-Bizukojc E. The conceptual model of an eco-industrial park based upon ecological relationships / E. Liwarska-Bizukojc, M. Bizukojc, A. Marcinkowski, A. Doniec // *Journal of Cleaner Production*. – 2009. – Vol. 17, I. 8. – P. 732–741.

25. Maryev V.A. Implementation of Eco-Industrial Park for Effectual Establishment of Circular Economy in Russia. / I. Saha, T.S. Smirnova, V.A. Maryev. // *Nature Environment and Pollution Technology*. – Vol. 20, №5. – 2021.

26. Korhonen J. Co-production of heat and power: an anchor tenant of a regional industrial ecosystem / J. Korhonen // *Journal of Cleaner Production*. – 2001. – Vol. 9, I. 6. – P. 509–517.

27. Burström F. Municipalities and industrial ecology: reconsidering municipal environmental management / F. Burström, J. Korhonen // *Sustainable Development*. – 2001. – Vol. 9, I. 1. – P. 36–46.

28. Energy management on industrial parks in Flanders / T. Maes, G. Van Eetvelde, E. De Ras // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2011. – Vol. 15, I. 4. – P. 1988–2005.

29. Zeng D.Z. China's green transformation through eco-industrial parks / D.Z. Zeng, L. Cheng, L. Shi, W. Luetkenhorst // *World Development*. – 2021. – Vol. 140. – Article 105249.

30. Марьев В.А. Факторы успеха экотехнопарков в мире / В.А. Марьев, Т.С. Смирнова // *Твёрдые бытовые отходы*. – 2017. - № 2. - С. 14-17.

31. Ludwigshafen chemical site [Электронный ресурс] // BASF SE [Официальный сайт]. - URL: <https://www.basf.com/de/en/company/about-us/sites/ludwigshafen/the-site/about-the-site.html/> (дата обращения: 19.11.2017).

32. ChemCoast Park Brunsbüttel [Официальный сайт]. URL: <https://www.chemcoastpark.de/en/> (дата обращения: 19.11.2017).

33. InfraServ Knapsack [Официальный сайт]. URL: <http://www.infraserv-knapsack.de/en/> (дата обращения: 19.11.2017).

34. Chemie- und Industriepark Zeitz [Официальный сайт]. URL: <https://www.industriepark-zeitz.de/en/> (дата обращения: 19.11.2017).

35. P-D ChemiePark Bitterfeld-Wolfen [Электронный ресурс] // Stadt Bitterfeld-Wolfen [Официальный сайт]. URL: <https://www.bitterfeld-wolfen.de/de/upload/P-D%20ChemiePark001.pdf> (дата обращения: 22.03.2021).

36. CHEMPARK Dormagen [Электронный ресурс] // CHEMPARK - Europe's chemical park [Официальный сайт]. URL: <http://www.chempark.com/en/dormagen.html/> (дата обращения: 19.11.2017).

37. CHEMPARK Krefeld-Uerdingen [Электронный ресурс] // CHEMPARK - Europe's chemical park [Официальный сайт]. URL: <http://www.chempark.com/en/krefeld-uerdingen.html/> (дата обращения: 19.11.2017).

38. CHEMPARK Leverkusen [Электронный ресурс] // CHEMPARK - Europe's chemical park [Официальный сайт]. URL: <http://www.chempark.com/en/leverkusen.html/> (дата обращения: 19.11.2017).

39. Caroli M., Cavallo M., Valentino A. Eco-Industrial Parks: A Green and Place Marketing Approach. – Roma: Luiss University Press, 2015. – 124 p.
40. Gersthofen Industrial Park [Электронный ресурс] // MVV Energie AG [Официальный сайт]. URL: https://www.mvv.de/en/mvv_energie_gruppe/mvv_enamic/mvv_industriepark_gersthofen/industriepark_gersthofen_1/industrieparkgersthofen.jsp / (дата обращения: 19.11.2017).
41. International survey on eco-innovation parks. Learning from experiences on the spatial dimension of eco-innovation. – Bern, 2014. – 310 p.
42. Seelze Industrial Park [Электронный ресурс] // Honeywell International Inc. [Официальный сайт]. URL: <http://www51.honeywell.com/sm/seelze/en/industry-park.html> / (дата обращения: 19.11.2017).
43. Industrial Park [Электронный ресурс] // InfraServ Wiesbaden [Официальный сайт]. URL: <http://www.infraserv-wi.de/en/home/industrial-park.html> / (дата обращения: 19.11.2017).
44. InfraLeuna [Официальный сайт]. URL: <http://www.infraleuna.de/en/> (дата обращения: 19.11.2017).
45. Marl Chemical Park [Электронный ресурс] // Chemical Parks in Europe [Официальный сайт]. URL: <https://chemicalparks.eu/parks/marl-chemical-park/> (дата обращения: 19.11.2017).
46. Oberbruch Industry Park [Электронный ресурс] // Vattenfall [Официальный сайт]. URL: <http://powerplants.vattenfall.com/oberbruch-industry-park/> (дата обращения: 19.11.2017).
47. Zero Emission GmbH [Официальный сайт]. URL: <http://www.zeroemissionpark.de/> (дата обращения: 19.11.2017).
48. Aichi Eco-Town [Электронный ресурс] // New Environmental Technology Transfer in the 21st Century (NETT21) [Официальный сайт]. URL: http://nett21.gec.jp/ECotowns/data/et_b-aichi.html / (дата обращения: 19.11.2017).
49. Northern Akita Eco-Town Overview [Электронный ресурс] // Akita Eco-Town Center [Официальный сайт]. URL: http://akita-ecotown.com/english/ecotown_zigyoku.html (дата обращения: 19.11.2017).

50. Kawasaki International Eco-Tech Fair 2012 [Официальный сайт]. URL: <http://www.kawasaki-eco-tech.jp/2012/english/index.html/> (дата обращения: 19.11.2017).

51. Ebara Corporation [Официальный сайт]. URL: <http://www.ebara.co.jp/en/> (дата обращения: 19.11.2017).

52. Thieriot H. Development of Eco-Efficient Industrial Parks in China: A review / H. Thieriot, D. Sawyer [Электронный ресурс] // The International Institute for Sustainable Development (IISD). - 2015. - URL: <https://www.iisd.org/system/files/publications/development-eco-efficient-industrial-parks-china-review-en.pdf> (дата обращения: 26.03.2021).

53. Shi L. International comparison and policy recommendation on the development model of industrial symbiosis in China / L. Shi, G. Liu, S. Guo // Acta Ecologica Sinica. – 2012. – Vol. 32, № 12. – P. 3950–3957.

54. Shi H. China's Quest for Eco-industrial Parks, Part I. History and Distinctiveness / H. Shi, J. Tian, L. Chen // Journal of Industrial Ecology. – 2012. – Vol. 16, I. 1. – P. 8–10.

55. Review of the development of China's Eco-industrial Park standard system / Huang B. [et al.] // Resources, Conservation and Recycling. – 2019. – Vol. 140. – P. 137–144.

56. 天津国投津能发电有限公司 [Официальный сайт]. URL: <https://hr.bjx.com.cn/vip/tjguo/> (дата обращения: 19.11.2017).

57. 大连金普新区 [Официальный сайт]. URL: <http://www.dda.gov.cn> (дата обращения: 19.11.2017).

58. EcoPark [Официальный сайт]. URL: <http://www.ecopark.com.hk/en/index.aspx> (дата обращения: 19.11.2017).

59. 山东鲁北企业集团总公司 [Официальный сайт]. URL: <http://www.lubei.com.cn> (дата обращения: 19.11.2017).

60. 苏州工业园区管理委员会 [Официальный сайт]. URL: <http://www.sipac.gov.cn> (дата обращения: 19.11.2017).

61. 天津经济技术开发区管理委员会 [Официальный сайт]. URL: <http://www.teda.gov.cn/> (дата обращения: 19.11.2017).
62. National Overview: Facts and Figures on Materials, Wastes and Recycling [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials> (дата обращения 04.10.2021).
63. Rubber and Leather: Material-Specific Data [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/rubber-and-leather-material-specific-data> (дата обращения 21.08.2021).
64. Pickin J. National Waste Report / J. Pickin, P. Randell, J. Trinh, B. Grant. - Blue Environ. – 2018. – November. – P. 1-126.
65. Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается. – Распоряжение Правительства РФ от 25.07.2017 № 1589-р [Электронный ресурс]. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/436754215>.
66. Ситникова Н.А. Рынок сбора и переработки изношенных автомобильных шин. Август 2023 [Электронный ресурс] / Н.А. Ситникова // Твердые бытовые отходы. – 2023. – URL: https://news.solidwaste.ru/wp-content/uploads/2023/08/206_Sitnikova.pdf
67. РЭО: более 85% шин не попадают на переработку ежегодно без РОП [Электронный ресурс]. - URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2022/08/29/reo-bolee-85-shin-ne-popadayut-na-pererabotku-ezhegodno-bez-rop (дата обращения 07.06.2024)
68. Материалы Всероссийской конференции производителей резиновых покрытий и переработчиков изношенных шин 18 марта 2024 [Электронный ресурс]. - URL: <https://shinoecologia.ru/f/f/17-65f073a482bec21c08447626b4ead8e1.pdf> (дата обращения 07.06.2024).

69. Отдел маркетинговых исследований и аналитики инвестиционно-аналитического агентства «Профессиональные комплексные решения» («ПКР») [Электронный ресурс]. - 2023. URL: https://news.solidwaste.ru/wp-content/uploads/2023/08/206_Sitnikova.pdf (дата обращения – 04.07.2024).

70. Трофименко Ю.В. Объемы образования изношенных крупногабаритных и сверх крупногабаритных шин и проблемы их утилизации. / Ю.В. Трофименко, В.И. Комков, В.А. Марьев // Экология промышленного производства. – 2019. - № 1. – С. 12-16.

71. Переработка и использование полимерных, шинных и резинотехнических отходов в мировой практике. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2002. – 160 с.

72. Occurrences of Tire Rubber-Derived Contaminants in Cold-Climate Urban Runoff / J.K. Challis, H. Popick, S. Prajapati [et al.] // Environmental Science and Technology Letters. – 2021. - № 8. – P. 961-967. DOI: 10.1021/acs.estlett.1c00682.

73. Малышев А.И. Анализ резин / А.И. Малышев, А.С. Помогайбо. - М.: «Химия», 1977. – 233 с.

74. Долинская Р.М. Не в отходы, а в доходы или как разработки белорусских химиков неожиданно решили застарелые проблемы / Р.М. Долинская //Химия и бизнес. – 2008. - № 4. – С. 52-53.

75. Беляев П.С. Исследование влияния резиновой крошки на физико-механические показатели нефтяного битума в процессе его модификации / П.С. Беляев, М.В. Забавников, О.Г. Маликов, Д.С. Волков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2005. – Т. 11, № 4. – С. 923-930.

76. Третьяков О.Б. Воздействие шин на окружающую среду и человека / О.Б. Третьяков, В.А. Корнев, Л. В. Кривошеева. – М.: Нефтехимпром, 2006. – 154 с.

77. Марьев В.А. Использование вторичных материальных ресурсов при строительстве и ремонте автомобильных дорог – важный резерв ресурсосбережения / В.А. Марьев, А.В. Руденский // Дороги и мосты. – 2017. - № 1(37). – С. 11-24.

78. Иванов К.С. Современные экологические проблемы утилизации отработавших автомобильных шин / К.С. Иванов, Т.Б. Сурикова // *Материалы Международной научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России»*. – М.: МГТУ «МАМИ», 2010 – С. 54-58.

79. Karger-Kocsis J. Ground tyre rubber (GTR) in thermoplastics, thermosets, and rubbers / J. Karger-Kocsis, L. Mészáros, T. Bárány // *Journal of Materials Science*. – 2012. – V.48. – P. 1-38.

80. Fazli A. Recycling Waste Tires into Ground Tire Rubber (GTR)/Rubber Compounds: A Review / A. Fazli, D. Rodrigue // *J. Compos. Sci.* – 2020. – V. 4 (103). <https://doi.org/10.3390/jcs4030103>.

81. Navarro F. Thermo-rheological behaviour and storage stability of ground tire rubber-modified bitumens / F. Navarro // *Fuel*. – 2004. – V. 83. – P. 2041–2049.

82. Composites with recycled rubber aggregates: Properties and opportunities in construction / N.F. Medina, R. Garcia, I. Hajirasouliha [et al.] // *Constr. Build. Mater.* – 2018. – V. 188. – P. 884–897.

83. Waste tire rubber as low-cost and environmentally-friendly modifier in thermoset polymers—A review / A. Hejna, J. Korol, M. Przybysz-Romatowska // *Waste Manag.* – 2020. – V. 108. – P. 106–118.

84. В РЭО заявили, что доля переработки шин в России составляет 40-50% [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/obschestvo/17445367> (дата обращения: 15.07.2024).

85. «Сибур» проанализировал проблему утилизации шин в России [Электронный ресурс]. – URL: <https://motorshef.ru/news/10449> (дата обращения: 05.05.2024).

86. Кирюхин Г.Н. Проектирование составов асфальтобетона: пособие для персонала лабораторий и технологов дорожной отрасли / Г.Н. Кирюхин, Е.А. Смирнов. – М: Порт приписки, 2021. – 211 с.

87. Rahman M. Highway Engineering-Pavement, Materials, and Control of Quality Athanassios Nikolaidis / M. Rahman. - CRC Press, USA, 2016. – 825 p.

88. Wang H. Review of warm mix rubberized asphalt concrete: towards a sustainable paving technology / H. Wang, X. Liu, P. Apostolidis, T. Scarpas // *J. Clean. Prod.* – 2018. – V. 177. – P. 302–314.

89. AUSTRROADS 2009. Guide to Pavement Technology Part 4E: Recycled Materials [Электронный ресурс]. – URL: <https://austroads.gov.au/publications/pavement/agpt04e> (дата обращения: 15.07.2024).

90. SECTION 408. SPRAYED BITUMINOUS SURFACINGS GUIDE NOTES FOR THE USE OF THE STANDARD SPECIFICATION. – May 2017. – P. 182.

91. Wu J.P. The reuse of end-of-life tyres to enhance the performance of chipseal binders (Waka Kotahi NZ Transport Agency research report 679) [Электронный ресурс] / J.P. Wu, P.R. Herrington. – 2021. – URL: <https://nzta.govt.nz/assets/resources/research/reports/679/679-the-reuse-of-end-of-life-tyres-to-enhance-the-performance-of-chip-seal-binders.pdf>

92. Зверева У.Г. Резинобитумные композиты на основе дорожного битума и активного резинового порошка (АПДДР): получение, структура, реологические свойства, применение: дисс. ... канд. хим. наук, 02.00.06 / Зверева Ульяна Георгиевна. – Москва. – 2016. – 149 с.

93. Bressi S. Crumb Rubber Modifier in Road Asphalt Pavements: State of the Art and Statistics / S. Bressi, N. Fiorentini, J. Huang, M. Losa // *Coatings.* – 2019. – V. 9, I. 384. DOI:10.3390/coatings9060384.

94. Eltwati A. Effect of Crumb Rubber Particles on the Properties of Asphalt / A. Eltwati, A. Hossein, D. Nasr // *Conference: Lecture Notes in Civil Engineering.* – 2020. – V. 59. DOI: 10.1007/978-981-15-1193-6_5.

95. Марков В.В. Новые методы использования отработанных резин / В.В. Марков, С.А. Резниченко, А.Е. Корнев, Ю.В. Кукушкин, Е.В. Алифанов // *Безопасность жизнедеятельности.* – 2003. – № 3. – С. 36.

96. P31 and P32 Optimising the Use of Crumb Rubber Modified Bitumen in Seals and Asphalt. FINAL REPORT (Year 1 – 2014/15). ARRB Project No: 009176/009177 / E. Denneman, J. Lee, C. Raymond [et al.] [Электронный ресурс]. – URL:

https://www.nacoe.com.au/wp-content/uploads/2017/10/P31-P32-Optimising-the-use-of-crumb-rubber_Yr1-2014-15-Final.pdf

97. Shatnawi S. White paper on comparisons of rubberized asphalt binders: asphalt-rubber and terminal blend / S. Shatnawi [Электронный ресурс]. – 2011. – URL: https://www.rubberpavements.org/Library_Information/AR_Benefit_Analysis_sheets/Comparisons_of_AR_TB_Final_7_14_2010.pdf

98. Kutay M.E. Internal structure characteristics of crumb rubber modified asphalt binders: an analysis using 3d X-Ray microtomography imaging / M.E Kutay, H. Ozturk // Proceeding of the Asphalt Rubber. – Conference: Asphalt Rubber Conference. At: Munich, Germany. – 2012.

99. Марьев В.А. Промышленный симбиоз как инструмент устойчивого развития в современном мире / В.А. Марьев., Т.С. Смирнова, Л.В. Гузь, Ж.А. Манкулова // Экология промышленного производства. - 2018. - № 3. – С. 64-68.

100. Марьев В.А. Роль эко-индустриальных парков в комплексном управлении ресурсами в Российской Федерации / В.А. Марьев, О.В. Голуб, Т.С. Смирнова, В.А. Широков // Проблемы региональной экологии. - 2020. - № 3. – С. 120-126.

101. Анисимова М.Р. Экотехнопарк – базовый элемент экономики замкнутого цикла. отечественные методические подходы к созданию экотехнопарка на примере воронежской области / М.Р. Анисимова, Т.С. Смирнова, А.Г.К. Герко // Экономика устойчивого развития. – 2020. - № 4 (44). – С. 16-21.

102. Марьев В.А. Реализация концепции экономики замкнутого цикла: от теории к практике / В.А. Марьев, Т.С. Смирнова, Л.В. Гузь, Ж.А. Манкулова // Менеджмент в России и за рубежом. – 2018. – № 6. – С. 58–63.

103. Марьев В.А. Формирование системы экотехнопарков в условиях РФ / В.А. Марьев, Т.С. Смирнова // Твёрдые бытовые отходы. – 2017. - №3. – С.21-23.

104. Скобелев Д.О. Создание экотехнопарков – рациональный путь к развитию отрасли комплексной переработки отходов и использования вторичных ресурсов. / Д.О. Скобелев, В.А. Марьев, Г.Г. Потапов, Л.Я. Шубов, И.Г. Доронкина // Экология промышленного производства. – 2018. - № 2(102). – С. 7-21.

105. Марьев В.А. Практическая реализация принципов промышленного симбиоза в г. Новокузнецке / В.А. Марьев, Е.П. Волынкина, Т.С. Смирнова, С.П. Мочалов // Менеджмент в России и за рубежом. – 2019. - № 5. – С. 99-106.

106. Николаева Л.А. Экотехнопарки на принципах коммунально-промышленного симбиоза в регионах как механизм решения задач национального проекта «экологическое благополучие» / Л.А. Николаева, В.А. Марьев // Управление техносферой. – 2025. - Т. 8, Вып. 2. – С. 156–171.

107. Марьев В.А. Экотехнопарки - базовые элементы инфраструктуры экономики замкнутого цикла / В.А. Марьев // Вестник МНЭПУ. – 2021. – Т. 1, № 5. – С. 77-86.

108. Волынкина Е.П. Экотехнопарк в Новокузнецке как пример развития техносистемы и реализации принципов экономики замкнутого цикла. / Е.П. Волынкина, В.А. Марьев, О.В. Голуб, Т.С. Смирнова // Экология промышленного производства. – 2020. - № 4 (112). – С. 52-58.

109. Куприн Р.Г. Вовлечение вторичных ресурсов в экономический оборот как одно из основных направлений реализации экологической промышленной политики в Российской Федерации. / Р.Г. Куприн, О.Б. Латонова, В.А. Марьев, Т.С. Смирнова // Экономика устойчивого развития. – 2020. - № 3 (43). – С. 200-206.

110. Албегова А.В. Анализ проблем управления российской системой обращения с отходами производства и потребления / А.В. Албегова, А.М. Гонопольский, В.А. Марьев, И.Ю. Петухова // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. - № 2. – С. 47-54.

111. Гаев Ф.Ф. Реализация стратегии развития отходоперерабатывающей отрасли в России / Ф.Ф. Гаев, Т.С. Смирнова, О.В. Голуб, В.А. Марьев // Экономика устойчивого развития. – 2021. - № 2 (46). - С. 42-46.

112. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2019 году» (Казань, 2020) [Электронный ресурс] // Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан [Офиц. сайт]. - URL: https://eco.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_2400411.pdf (дата обращения: 16.07.2022).

113. Тихонова И.О. Оценка перспектив формирования экотехнопарка в Нижнекамском промышленном узле / И.О. Тихонова, Е.М. Данилова, В.А. Марьев, Е.М. Аверочкин // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. - № 4. – С. 45-51.

114. Николаева Л.А. Использование вторичного резинового сырья в условиях экотехнопарка в Нижнекамском промышленном узле / Л.А. Николаева, В.А. Марьев, Д.В. Шушпанова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2025. - №1 (95). – С. 61-71.

115. Николаева Л.А. Утилизация вторичного резинового сырья в технологии производства битумной композиции / Л.А. Николаева, В.А. Марьев // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. - 2025. - № 2. – С. 95-104.

116. Декларация ПАО «Нижнекамскшина» за 2020 г. [Электронный ресурс] // Единая государственная информационная система учета отходов от использования товаров. - URL: <https://uoit.fsrpn.ru> (дата обращения: 01.10.2021).

117. Марьев В.А. Опыт применения резинобитумных вяжущих и мастик повышенного качества. / В.А. Марьев, А.В. Руденский // Дороги и мосты. – 2005. - Вып.13, № 1. – С. 128-133.

118. СТО 2511-001-58146599-2004 Крошка резиновая. – Москва, 2004. – 3 с.

119. ГОСТ 3826-82 Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия: дата введения 1984-01-01. – Москва: Издательство стандартов, 2003. – 8 с.

120. СТО 00044434-014-2009 Битумы дорожные с улучшенными характеристиками. Технические условия.

121. ТУ 0256-096-00151807-97 Битум нефтяной дорожный улучшенный из западно-сибирских нефтей.

122. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия. - Дата введения 1991-01-01. - Москва: Издательство стандартов, 2005. – 8 с.

123. ГОСТ 11506-73 Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару. - Дата введения 1974-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 7 с.

124. ГОСТ 11501-78 Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы. - Дата введения 1980-01-01. - Москва: Издательство стандартов, 2003. – 7 с.

125. ГОСТ 11505-75 Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости: дата введения 1977-01-01. – Москва: Стандартиформ, 2016. – 3 с.

126. ГОСТ 11507-78 Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу: дата введения 1980-01-01. – Москва: Стандартиформ, 2008. – 6 с.

127. ГОСТ 4333-2014 Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле : дата введения 2016-07-01. – Москва: Стандартиформ, 2019. – 15 с.

128. ГОСТ 11508-74 Битумы нефтяные. Методы определения сцепления битума с мрамором и песком: дата введения 1974-02-14. – Москва: Стандартиформ, 2006. – 6 с.

129. ГОСТ 18180-72 Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева: дата введения 1974-01-01. – Москва: Стандартиформ, 2009. – 3 с.

130. ГОСТ Р 52056-2003 Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия : дата введения 2003-05-23. – Москва : Стандартиформ, 2007. – 7 с.

131. Патент RU 2223990 С2, С 08 L 95/00, 17/00, С 08 К 5/3445. Битумно-резиновая композиция и способ ее получения / Марьев В.А., Немцев В.А., Чернов О.Н., Руденский А.В.; заявитель и патентовладелец ООО «РИНТЕК». – № 2002102189/04; заявл. 29.01.2002; опубл. 20.02.2004, Бюл. № 5. – 8 с.

132. Торговый знак «БРИТ»: правообладатель ООО «Ринтек» № заявки 2001739505 от 11.12.2001; № регистрации 242530 от 07.04.2003 г.

133. Марьев В.А. Ресурсосбережение при строительстве и ремонте дорожных асфальтобетонных покрытий за счет эффективного использования резиновой крошки / В.А. Марьев, А.В. Руденский, Б.М. Слепая, Ж.В. Перлина // Дороги и Мосты. – 2015. - № 33. - С. 334–344.

134. Руденский А.В. Применение резиновой крошки для повышения качества дорожных битумов и асфальтобетонов / А.В. Руденский, А.С. Хромов, В.А. Марьев // Дороги России XXI века. – 2004. - №5. - С. 62-71.

135. Худякова Т.С. Резиновая крошка в деле влияние комплексного модификатора "КМА" на физико-механические свойства дорожного битума / Т.С. Худякова, Н.В. Шаповалова, Л.В. Колеров, С.М. Попов // Автомобильные дороги. - 2010. - № 7. - С. 56-61.

136. ТУ 5718-010-05204776-02 Модифицированные битумные вяжущие улучшенного качества и мастики, получаемые по технологии «БРИТ». Технические условия. – Москва, 2002.

137. Коллоидные мельницы для ПБВ, мастик и пищевой промышленности [Электронный ресурс]: URL: <https://kation-tehno.ru/katalog-produkcii/kolloidnaya-melniua-kation-d5/?ysclid=med5dimcxj211524387>

138. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Уч. пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.

139. Семенов В.М. Экономика предприятия: уч. пособие / В.М. Семенова. – М.: Центр экономики и маркетинга. –1996. – 184 с.

140. Ушакова Е.О. Методика определения экономической эффективности затрат на природоохранные мероприятия / Е.О. Ушакова // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2006. – С. 185-190.

141. Управление качеством городских почв (Методическое пособие) / А.С. Яковлев, Т.В. Решетина, А.П. Сизов [и др.]. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 96 с.

142. Приказ Минприроды России от 08.07.2010 № 238 (ред. от 11.07.2018 № 316) «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902227668>

143. На рекультивацию самой проблемной свалки Нижнекамска выделяют полмиллиарда [Электронный ресурс]. – URL: https://m.realnoevremya.ru/articles/171687-gisu-zaplatit-564-mln-za-likvidaciyu-svalki-v-nizhnekamske?_url=%2Farticles%2F171687-gisu-zaplatit-564-mln-za-likvidaciyu-svalki-v-nizhnekamske#from_desktop

144. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года [Электронный ресурс]. – URL:https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/prognoz_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2036_goda.html (дата обращения: 19.11.2017)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Федеральное государственное автономное учреждение
«Научно-исследовательский институт
«Центр экологической промышленной политики»

УДК 502.174.1 658.567
628.3-.4
N государственной регистрации
AAAA-A20-120060290033-6

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»



Т.В. Гусева

2021 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

Разработка концепции формирования инфраструктуры управления отходами
с базовыми элементами – эко-промышленными комплексами

(заключительный)

Руководитель темы:
Начальник отдела
методологии
ресурсосбережения
ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»

О.В. Голуб

Москва 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Исполнители темы:
Научный руководитель НИР,
Старший научный сотрудник
отдела методологии
ресурсосбережения, к.т.н.

(подпись, дата)

Ф.Ф. Гаев
(введение,
заключение)

Начальник отдела
методологии
ресурсосбережения

(подпись, дата)

О.В. Голуб
(раздел 1,2,6)

Советник

(подпись, дата)

В.А. Марьев
(раздел 2)

Заместитель начальника
отдела методологии
ресурсосбережения, к.т.н.

(подпись, дата)

Т.С. Смирнова
(разделы 2,3,4,6)

Научный сотрудник отдела
методологии
ресурсосбережения, к.т.н.

(подпись, дата)

А.Ю. Санжаровский
(раздел 5)

Старший инженер отдела
методологии
ресурсосбережения

(подпись, дата)

В.Ю. Шконда
(раздел 5)

Нормоконтроль

(подпись, дата)

Волосатова А.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Федеральное государственное автономное учреждение
«Научно-исследовательский институт
«Центр экологической промышленной политики»

УДК 502-504:34
№ государственной регистрации
AAAA-A20-120060290032-9

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»



Т.В. Гусева

2021 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

Разработка научно обоснованных предложений по формированию
регуляторных мер поддержки и стимулирования реализации экологической
промышленной политики

(заключительный)

Руководитель темы:
Начальник отдела
методологии
ресурсосбережения
ФГАУ НИИ «ЦЭПП»

О.В. Голуб

Москва 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Исполнители темы:

Научный руководитель НИР,
Старший научный сотрудник
отдела методологии
ресурсосбережения, к.т.н.

(подпись, дата)

Ф.Ф. Гаев
(раздел 3)

Начальник отдела
методологии
ресурсосбережения

(подпись, дата)

О.В. Голуб
(введение,
заключение)

Советник

(подпись, дата)

В.А. Марьев
(раздел 3)

Заместитель начальника
отдела методологии
ресурсосбережения, к.т.н.

(подпись, дата)

Т.С. Смирнова
(разделы 4,5,
введение,
заключение)

Научный сотрудник отдела
методологии
ресурсосбережения, к.т.н.

(подпись, дата)

А.Ю. Санжаровский
(раздел 4)

Начальник отдела проектного
управления и взаимодействия
с органами государственной
власти

(подпись, дата)

В.В. Морокишко
(раздел 6)

Начальник отдела
промышленной экологии

(подпись, дата)

М.Р. Анисимова
(раздел 5)

Нормоконтроль

(подпись, дата)

Волосатова А.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ В



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

**Научно-исследовательский институт
Центр экологической
промышленной политики
(ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»)**

141006, Московская область, г. Мытищи,
Олимпийский проспект, д. 42
Тел.: +7(495) 583-65-83, +7(495) 240-00-00
E-mail: info@eipc.center

ОКПО 01877509, ОГРН 1025003533037
ИНН 5029006847, КПП 502901001
От 23.04.2020 г. № 07-1/307

Министру
промышленности и торговли
Российской Федерации

Д.В. Мантурову

Уважаемый Денис Валентинович!

Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 03 октября 2016 г. № 3524 создано Федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (далее – ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»).

К основным практическим направлениям деятельности ФГАУ «НИИ «ЦЭПП» относится участие в разработке проектов нормативных правовых документов, разработка документов национальной системы стандартизации, научно-исследовательские, инжиниринговые и консультационные услуги. Численность сотрудников Учреждения составляет 147 человек.

ФГАУ «НИИ «ЦЭПП» в рамках своей деятельности на протяжении пяти лет осуществляет функции Бюро наилучших доступных технологий, а также информационно-аналитическое, научно-методологическое, экспертное сопровождение и развитие международного сотрудничества в области перехода промышленности на принципы наилучших доступных технологий, направленные на достижение целей и задач федерального проекта «Внедрение наилучших доступных технологий» национального проекта «Экология».

Учитывая большой объем выполненных в установленные сроки работ и высокое качество представляемых материалов, ходатайствую о награждении советника ФГАУ «НИИ «ЦЭПП» Марьева Владимира Александровича почетной грамотой Министерства промышленности и торговли Российской Федерации за

выдающиеся достижения в области развития промышленности и торговли Российской Федерации.

Основанием к награждению В.А. Марьева является достижение юбилейной даты – 55-летие со дня рождения.

Приложение: на 3 л в 1 экз.

Директор



Д.О. Скобелев



Выписка

**МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(Минпромторг России)**

ПРИКАЗ

17 июня 20 20 г.

Москва

№ 131п

**О награждении
работников предприятий промышленности**

Отмечая большой вклад и отдельные выдающиеся достижения в области развития промышленности, ввод новых производственных мощностей и многолетний добросовестный труд, п р и к а з ы в а ю:

3. Наградить Почетной грамотой
Министерства промышленности и торговли Российской Федерации:

Гусеву
Татьяну Валериановну - заместителя директора федерального государственного автономного учреждения «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», Московская область

Марьева
Владимира Александровича - советника федерального государственного автономного учреждения «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», Московская область

КОПИЯ ВЕРНА

Начальник отдела кадров

М.В. СКРЫБИНА



ПРИЛОЖЕНИЕ Г



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(190) **RU** (111) **242530**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

Товарные знаки, знаки обслуживания и наименования мест происхождения товаров

Товарные знаки, знаки обслуживания

(540)



Извещения об изменениях, относящихся к регистрации товарного знака

Регистрация договора уступки товарного знака в отношении всех товаров и/или услуг

(770) *Прежний правообладатель:*

Общество с ограниченной ответственностью "РИНТЕК", 127273, Москва, ул. Отрадная, д. 16

(732) *Правообладатель:*

Общество с ограниченной ответственностью "Союз М", 129090, пр-т Мира, д. 7, стр. 2

Дата и номер регистрации договора:

28.06.2005 РД0000868

Опубликовано: 25.08.2005

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»



125319, г. Москва,
Ленинградский пр., 64, офис 133,
<http://www.bridge-lab.ru>

Общество с ограниченной ответственностью
«Малое инновационное предприятие
«Научно-Инженерный Центр Мостов и Сооружений»
(ООО «МИП «НИЦ МиС»)



Тел.: (499) 155-03-69
Факс (499) 155-08-76
E-mail: mosti.madi@mail.ru, bridge@madi.ru

УТВЕРЖДЕНО:

Генеральный директор,
к.т.н., доцент, профессор МАДИ
Ш.Н. Валиев
2021 г.



АКТ

об использовании результатов диссертационной работы
Марьева Владимира Александровича

Комиссия в составе:

- председатель: Валиев Ш.Н., генеральный директор, к.т.н.
- члены комиссии: Сухов И.А., зам. генерального директора, к.т.н.
Шевченко А. А., главный инженер проекта

Составили настоящий Акт в том, что результаты диссертационной работы Марьева В.А. на тему: «Способ утилизации вторичного резинового сырья в условиях функционирования экотехнопарков», представленной на соискании ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15. – «Экология» (отрасль науки – технические), использованы на предприятии Общество с ограниченной ответственностью «Малое инновационное предприятие «Научно-Инженерный Центр Мостов и Сооружений» (ООО «МИП «НИЦ МиС») при проведении опытно-производственных работ по герметизации температурно-усадочных швов (ТУШ) и оценке их герметичности монолитной железобетонной обделки на

объекте: «Капитальный ремонт транспортного тоннеля «Добрынинский» (корректировка проекта)».

28.05.2021 г. выполнение работ по герметизации ТУШ производилось битумно-резиновой композицией гидроизоляционной (ТУ 5718-010-05204776-02) в соответствии с п.2 Технических предложений и регламента по применению.

30.05.2021 г. произведена комиссионная проверка герметичности ТУШ. Качество гидроизоляционной битумно-резиновой мастики для герметизации ТУШ оценивалось по отсутствию водопроявления в зоне ТУШ с нижней стороны плиты при подаче под магистральным давлением струи воды в зону загерметизированного шва.

Проверка ТУШ секции №54 обделки тоннеля, загерметизированного гидроизоляционной битумно-резиновой мастикой, показала отсутствие водопроявления в зоне ТУШ в обделке при подаче струи воды под магистральным давлением в зону загерметизированного шва в течение 15 минут.

Опытная герметизация температурно-усадочного шва (ТУШ) секции №54 обделки тоннеля подтвердила правильность и эффективность предложенных Марьевым В.А. технических решений по герметизации ТУШ гидроизоляционной мастикой согласно ТУ 5718-010-05204776-02.

- Председатель:  Валиев Ш.Н.
- Члены комиссии:  Сухов И.А.
 Шевченко А. А.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

ГСХ Групп

ООО «ГСХ Групп»
127490, Россия, Москва,
Северный бульвар, д.12, оф.211
тел/факс.: +7(499) 517-90-60
e-mail: gshgrupp@mail.ru
www.gshgrupp.ru

Исх.№1-10/06-24

Марьеву В.А.

от 10 июня 2024г.

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

В сентябре 2022 года для опытно-экспериментального внедрения была получена партия резинобитумной композиционной мастики по ТУ 5718-010-05204776-02 и ТУ 0256-001-46487504-2003 в количестве 250 кг для совместного устройства гидроизоляции системы водоотведения и стабилизации влажности на объекте в коттеджном поселке на ул. Красной звездочки, д. Коргашино, Мытищинского района Московской области.

Мастика поставлялась в холодном состоянии и разогревалась на объекте до текучего состояния. Нанесение мастики для осуществления гидроизоляции осуществлялась с помощью специальных ручных приспособлений.

Очистка поверхности перед заливкой мастики осуществлялась механическим способом и сжатым воздухом. Мастика была применена при температуре окружающего воздуха 18 °С при переменной облачности.

Резинобитумная композиционная мастика технологична, при нагреве до 160 °С, при периодическом перемешивании, легко размягчается до текучего состояния, достаточно безопасна (температура вспышки мастики выше 250 °С).

Опыт нанесения мастики показывает её технологичность в применении.

Обследование объекта 20 сентября 2023 года показало при визуальном осмотре, что нанесённая на поверхность мастика находится в хорошем состоянии, повреждения, трещины, выкрашивания отсутствуют.

Мастика проявляет упругие свойства при физическом воздействии, адгезия к бетону высокая, протечки отсутствуют.

Генеральный директор к.т.н.

Чижиков И.А.

Телефон:+7(499)-517-90-60



ПРИЛОЖЕНИЕ 3



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное бюджетное образовательное
 учреждение высшего образования
 «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор -
 проректор по УР

А.В. Леонтьев



«13» мая 2025 г.

№ _____

АКТ

о внедрении результатов научной работы

Марьева Владимира Александровича

Результаты диссертационной работы «Способ утилизации вторичного резинового сырья в условиях функционирования экотехнопарков» внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» при реализации образовательной программы бакалавриата «Инженерная защита окружающей среды и комплексная безопасность» направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» и 20.03.01 «Производственная и экологическая безопасность» с 2025/26 учебного года. Содержание разделов дисциплин «Технологии переработки и утилизации отходов» и «Рециклинг отходов» обновлено с учетом данного исследования, что отражено в изменениях, внесенных в рабочие программы дисциплин (объем лекционных занятий – 84 часа, практических занятий – 112 часов).

Зав. каф. «Инженерная экология
 и безопасность труда»

Николаева Л.А.

Директор ИЭЭ

Гибадуллин Р.Р.

Директор ДО

Ахметова Р.В.