

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

На правах рукописи

ЛИ ШОБИН

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РЕГИОНЕ**

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
(экономика природопользования и землеустройства)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук,
профессор Бездудная А.Г.

Санкт-Петербург
2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ НЕГАТИВНЫМ ВЛИЯНИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ В РЕГИОНЕ.....	10
1.1. Теоретические аспекты формирования экологического риска для промышленного региона.....	10
1.2. Экологический ущерб и его особенности в современной действительности...	24
1.3. Проблемы управления негативным воздействием промышленного комплекса на окружающую среду в регионе	36
ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ И ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕГИОНА.....	47
2.1. Идентификация и оценка экологических рисков для российских предприятий.....	48
2.2. Исследование особенностей и структуры экологических рисков для промышленных предприятий региона.....	62
2.3. Разработка методики оценки экологических рисков для промышленного предприятия региона.....	87
ГЛАВА 3. УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ УЩЕРБОМ В ПОСТОЯННО ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ В РЕГИОНЕ.....	95
3.1. Устойчивое развитие региона в условиях изменения эколого-экономической ситуации.....	95
3.2. Исследование взаимосвязи экологического риска и экологического ущерба, наносимого окружающей природной среде промышленными предприятиями региона.....	115
3.3. Разработка принципов применения цифровых технологий для оценки экологического ущерба и рисков в регионах России.....	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	132
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	134
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	154

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертационного исследования.

В настоящее время экологическая ситуация в Российской Федерации в регионах становится все более неравномерной, с одной стороны, региональные экологические проблемы практически не решаются, а с другой стороны, общественные тенденции требуют соответствия принципам устойчивого развития и жестким европейским стандартам в области выбросов, сбросов сточных вод и образования и размещения отходов производства и потребления. Промышленные предприятия продолжают существенно загрязнять окружающую природную среду, так как используемые технологии зачастую не являются экологичными. В связи с развитием природоохранного законодательства и внедрением наилучших доступных технологий отметим незначительное снижение негативного воздействия на окружающую природную среду. При этом промышленное производство порождает значительные экологические риски, которые влияют на эколого-экономическую ситуацию не только на предприятиях, но и в регионе.

На сегодняшний день существует множество подходов к расчету экологических рисков, но при этом ни один из них полностью не позволяет оценить риски достоверно и учесть все аспекты негативного воздействия на среднесрочную перспективу. Экологизация деятельности промышленных предприятий является стратегически важным направлением для развития современных промышленных производств. Не только экологичные технологии, но и введение принципов устойчивого развития на всех уровнях является залогом успеха для развития предприятий и региона в целом.

Цели устойчивого развития сформированы на уровне страны и отражены в Национальном проекте «Экология», они затрагивают такие направления, как загрязнение атмосферного воздуха, сброс сточных вод в поверхностные водные объекты и загрязнение подземных вод, образование и размещение отходов производства и потребления. Помимо национального масштаба цели устойчивого развития должны реализовываться как в регионах, так и на отдельных

предприятиях, что возможно при достоверной оценке негативного влияния промышленного комплекса региона.

Таким образом, внедрение принципов устойчивого развития позволит промышленным предприятиям осуществлять дополнительный контроль за природоохранной деятельностью и улучшать общие показатели, учитывая не только экологические, но и социальные, и экономические цели.

Степень разработанности научной проблемы. Проблемами управления окружающей природной средой в регионе занимается ряд отечественных и зарубежных ученых, направления можно подразделить на следующие:

- в части создания методов и инструментов оценки эколого-экономического воздействия на окружающую природную среду – А.А. Аганов, И.В. Алешин, Р.Х. Арсанукаев, В.М. Бикбаев, Е.И. Глушенкова, А.М. Губернаторов, Е.М. Каз, И.А. Лиман, В.М. Разумовский, В.Г. Тишин, Г.А. Угольницкий, А.А. Хагуров, В.С. Юрина и др.

- в части развития подходов к расчету экологических рисков для промышленных предприятий и общей оценки рисков – авторы А.Г. Бездудная, Е.Л. Водолажская, Н.П. Гришина, А.В. Иванов, Е.С. Коротовская, Г.З. Омаров, Г.О. Перов, А.Е. Череповицын, А.Н. Чусов и др.

Однако, несмотря на значительное количество научных публикаций и исследований по теме диссертации, на сегодняшний день недостаточно изучены вопросы оценки и создания комплекса инструментов управления эколого-экономической деятельностью промышленных предприятий в регионе.

Целью диссертационного исследования является развитие инструментов управления эколого-экономической деятельностью промышленных предприятий, способствующих снижению негативного воздействия на окружающую природную среду региона.

Реализация поставленных целей требует выполнения следующих **задач**:

- сформировать модель экологических рисков, характерную для региона и раскрывающую его эколого-экономическое состояние;

- сформировать методику количественной оценки экологических рисков для региона;

- разработать методику оценки экологического ущерба для региона и провести ее апробацию на данных конкретных предприятий;

- предложить способы использования искусственного интеллекта и информационных технологий для контроля за состоянием окружающей среды в регионе и определения влияния деятельности промышленных предприятий на экологическую ситуацию.

Объект исследования: негативное воздействие промышленных предприятий на экологическую ситуацию в регионе.

Предмет исследования: инструменты оценки эколого-экономического воздействия промышленных предприятий на окружающую природную среду.

Научная гипотеза исследования сформулирована автором, исходя из предположения, что необходим дополнительный контроль и стимулирующие меры для промышленных предприятий по их негативному воздействию на окружающую природную среду региона со стороны загрязнения атмосферного воздуха, сброса сточных вод, образования отходов производственного типа, которые основаны на эколого-экономических инструментах, позволяющих обеспечить достойное качество окружающей среды для населения региона.

Теоретической основой исследования являются фундаментальные подходы в следующих научных сферах: управление экологическими рисками на уровне региона, оценка экологических рисков и оценка влияния промышленных предприятий на окружающую природную среду в целях регулирования природопользования в регионах Российской Федерации, принципы платности и оценочные механизмы ущерба, наносимого окружающей природной среде, принципы устойчивого развития регионов.

Методологическую основу исследования составляет совокупность методов научного исследования, основанных на общенаучных принципах и специализированных комплексных методах оценки экологических рисков, характерных для технологий, применяемых на промышленных предприятиях. В

исследовании использованы следующие методы: анализа и синтеза, графический, метод систематизации данных, построение экономико-математических моделей и управления рисками и др.

Информационной базой исследования послужили данные Федеральной службы государственной статистики, нормативно-правовые акты, прогнозные разработки органов управления федерального, регионального и муниципального уровней загрязнения атмосферного воздуха за счет выбросов, размещения отходов производственного и непроизводственного типов, официальные отчеты органов исполнительной власти, обзорно-аналитические материалы, опубликованные в периодической печати.

Обоснованность результатов диссертационного исследования обеспечена использованием фундаментальных теоретических положений в области экологического менеджмента, экономики природопользования, организации деятельности промышленного предприятия и его экологизации и основывается на научных положениях и практических рекомендациях отечественных и зарубежных ученых с учетом требований действующего законодательства в области обеспечения охраны окружающей среды и устойчивого развития региона.

Достоверность результатов диссертационного исследования обусловлена применением статистических данных, информации и отчетности из официальных источников, а также основных методов, используемых в исследовании: экспертных оценок, аналитические исследования и последующий прогноз результатов, подходы сравнительного анализа и синтеза информации и информационного обеспечения для оценки экологических рисков.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности.

Направление научного исследования, представленного в диссертации, соответствует Паспорту научной специальности ВАК РФ 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика (экономика природопользования и землеустройства): п. 9.7. «Разработка и совершенствование методов и методик экономической оценки и компенсации ущерба окружающей среде», п. 9.12. «Методологические основы и

методический аппарат оценки рисков в сфере природопользования, землеустройства и земельно-имущественных отношений».

Научная новизна диссертационного исследования заключается в совершенствовании инструментов управления эколого-экономической деятельностью промышленных предприятий и создании способов оценки экологических рисков региона, возникающих в результате негативного влияния предприятий на окружающую природную среду. **К числу наиболее значимых и обладающих новизной научных результатов, полученных лично соискателем, относятся следующие:**

1. Разработана модель экологических рисков региона, состоящая из следующих элементов: нормативно-правовой базы, организационно-экономических инструментов, эколого-экономической обстановки в регионе, негативного влияния промышленного комплекса, которые позволят осуществить управление эколого-экономическим влиянием на окружающую природную среду региона.

2. Предложена методика оценки экологических рисков, направленная на контроль за влиянием предприятия на окружающую природную среду с учетом таких компонентов как: влияние на загрязнение атмосферного воздуха, сбросов сточных вод, образования, размещения и временного хранения отходов производства и потребления.

3. Разработана комплексная методика расчета ущерба, включающая региональный коэффициент эколого-экономического воздействия, денежную оценку вклада каждого компонента загрязнений, разность масс до и после осуществления загрязнения, направленная на учет негативного влияния и его последующую компенсацию в сложившихся эколого-экономических условиях в регионе.

4. Определены способы использования программного обеспечения для оценки рисков и применения искусственного интеллекта для последовательного принятия решений о защите окружающей природной среды, включающего такие этапы как: комплексная оценка негативного влияния на территорию, оценка

экологической ситуации на объекте и последующий прогноз эколого-экономической ситуации в регионе.

Теоретическая значимость результатов исследования состоит в развитии теоретических и методических основ в области учета, расчета оценки рисков природоохранной деятельности в технологических процессах промышленных предприятий. Оценка экологических рисков позволит прогнозировать влияние промышленных предприятий и сопутствующих факторов на окружающую природную среду региона.

Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности использования результатов исследования при формировании новых подходов к управлению экологическими рисками на локальном и региональном уровнях. Разработанные методы учета и контроля экологических рисков могут быть впоследствии унифицированы и позволят улучшить эколого-экономическую обстановку в регионах. Результаты исследования могут быть также использованы в высших учебных заведениях при подготовке специалистов, получающих образование по специальностям: «Экологический менеджмент», «Экономика природопользования», «Производственный менеджмент».

Апробация результатов исследования. Результаты, выводы и практические рекомендации проведенного исследования были представлены и получили одобрение на международных и всероссийских научно-практических конференциях, материалы которых раскрывают проблемы оценки и расчета экологических рисков и комплексного ущерба от негативного воздействия производственных систем.

Разработанные методы и инструменты внедрены в деятельность ООО «Завод буровые установки Кургана», Министерства природных ресурсов и экологии Вологодской области в учебный процесс ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», что подтверждено актами о внедрении.

Публикации результатов исследования. Основные результаты и положения исследования отражены в 17 научных статьях, в том числе в 10 статьях,

опубликованных в рецензируемых журналах, включенных в рекомендованный список ВАК Российской Федерации, 1 монографии, 1 статьи в журналах Scopus, общим объемом 15,89 п.л. (в том числе авторским – 11,62 п.л.).

Структура диссертации. Цели и задачи диссертационного исследования определили его структуру. Структура диссертационного исследования раскрывается во введении, трех главах, заключении. Диссертационная работа содержит 183 страницы основного текста, включает список использованной литературы из 174 наименований, 106 таблиц, 27 рисунков, 2 приложения.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ НЕГАТИВНЫМ ВЛИЯНИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ В РЕГИОНЕ

1.1. Теоретические аспекты формирования экологического риска для промышленного региона

В условиях интенсивного промышленного роста оценка экологического риска становится одним из ключевых направлений, влияющих на устойчивое развитие регионов Российской Федерации. Неблагоприятное антропогенное воздействие в рамках промышленной деятельности предприятий может быть как непрерывного, так и стихийного характера. Результатами могут стать ухудшение качества окружающей среды, угроза или опасность здоровью и жизни населения, глобальное изменение климата, негативные социально-экономические последствия. Таким образом, оценка и эффективное управление экологическими рисками является важным фактором формирования экологической безопасности региона.

Под экологическим риском понимается «вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера» [2]. Понятие риска включает в себя две переменные: вероятность наступления неблагоприятного события и вероятность нанесения ущерба и потерь этим событием. Для j -го объекта окружающей среды, характеризующегося защищенностью L_{ij} от поражающего действия i -го экологического эффекта, величина экологического риска R будет определяться по формуле [15]:

$$R = P_p(u_i) * P_n(u_j, L_{ij}), \quad (1)$$

где:

$P_p(u_i)$ – вероятность возникновения неблагоприятного воздействия;

$P_n(u_j, L_{ij})$ – вероятность поражения объекта окружающей среды (экологический ущерб).

Таким образом, даже при условии вероятности наступления неблагоприятного эффекта равной единице, экологический риск может быть существенно ниже и даже равен нулю при низкой вероятности поражения окружающей среды.

Следует отметить, что экологические риски обладают определенными особенностями, которые следует учитывать при их оценке и анализе вероятности ущерба для элементов природной среды:

1. Негативные изменения, вызванные неблагоприятными событиями, могут привести к негативным последствиям для окружающей среды, которые могут снижать ее качество в долгосрочном периоде. При этом данные последствия могут затрагивать различные уровни организации живых систем и нарушать естественные взаимодействия компонентов экосистем. Такие взаимодействия не всегда бывают очевидными, что создает дополнительные сложности при оценке ущерба. Это также приводит к тому, что риски не всегда легко идентифицировать, и иногда это происходит спустя существенное количество времени после того, как наступили серьезные неблагоприятные последствия.

2. Экосистемы обладают способностью к ассимиляции и адаптации к негативным событиям за счет эластичности и структурной и функциональной избыточности, а также самоочищающей способности. Таким образом, негативные последствия могут быть не всегда пропорциональны их мощности и масштабности [63].

3. Экологические риски многофакторны как по причинам, которыми они были вызваны, так и по последствиям.

В зарубежной литературе выделяют две категории экологических рисков в зависимости от их источников: переходные риски и физические риски. Источниками переходных рисков являются главным образом изменения в политике, технологиях, концепциях и других антропогенных факторах в ответ на изменение климата и экологические проблемы. Источниками физических рисков

являются различные экстремальные климатические явления: повышение уровня моря, экологические аварии и загрязнения окружающей среды, уничтожение и нехватка природных ресурсов и т. д. «Физические» изменения, вызванные этими экологическими событиями, наносят огромный ущерб населению, корпоративной собственности и национальной экономике [59].

Также существуют и другие подходы к классификации экологических рисков. Так Р. Коллурн еще в 1996 году выделял риски:

- угрожающие экологической безопасности (safety risks), маловероятные риски, но наносящие существенный ущерб в результате аварийных и чрезвычайных ситуаций, несчастных случаев;

- угрожающие здоровью (health risks), которые, напротив, обладают высокой вероятностью, но более низкими негативными последствиями;

- угрожающие состоянию среды обитания (environmental risks), под которыми понимается бесчисленное количество эффектов, множество взаимодействий между популяциями, сообществами, экосистемами на микро- и макроуровнях при наличии весьма существенных неопределённостей как в самих эффектах, так и в их причинах [84];

- угрожающие общественному благосостоянию (public welfare / goodwill risks). Данные риски связаны с деятельностью человека и ее организации с точки зрения охраны окружающей среды и рационального использования ресурсов;

- финансовые, связанные с природоохранной деятельностью (financial risks), это те финансовые потери, которые хозяйствующие субъекты могут понести в результате неполучения премии за риск или прибыли от природоохранных инвестиций.

Факторы и причины экологических рисков в регионе можно подразделить на антропогенные и природные. Природные факторы экологической опасности связаны с фундаментальными процессами, которые протекают на планете и представлены на рисунке 1.

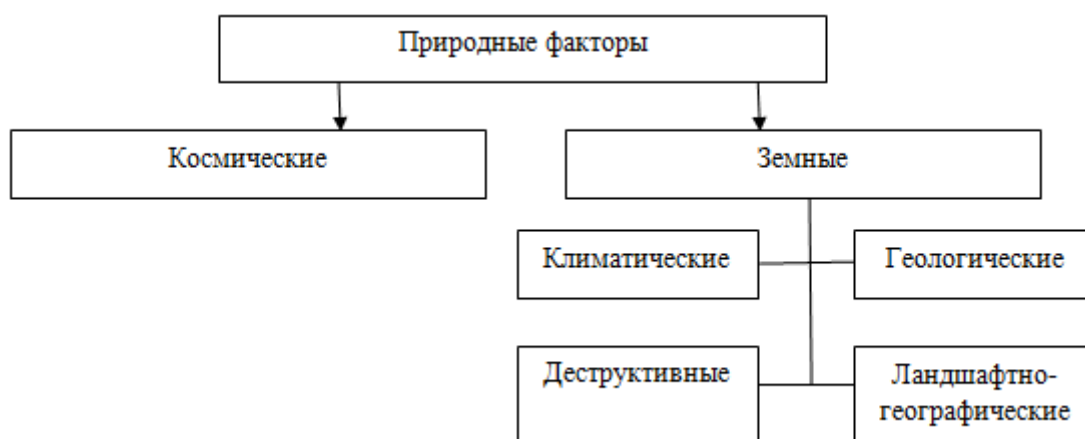


Рис. 1. Природные факторы экологических рисков

Прежде всего, здесь следует выделить климатические факторы, вызывающие неблагоприятные и экстремальные погодные явления: засуха, наводнения, ураганы, аномальные перепады температур, град и другие. В России и в мире в целом наблюдается увеличение природных катаклизмов, которые наносят серьёзный ущерб экономической ситуации в странах, и нарушают естественные процессы в экосистемах. Так, в России в 2023 году было зафиксировано 1191 опасное погодное явление, при этом 448 нанесло ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения. При этом в 2022 году таких явлений было 334, а до 1990 года количество опасных явлений, наносящих ущерб, не превышало 209 [172]. В первую очередь такую негативную тенденцию связывают с усилением парникового эффекта в результате интенсификации выбросов парниковых газов. Рост промышленности приводит к большему потреблению энергетических ресурсов и увеличивает объем эмиссии выбросов CO₂. Таким образом, несмотря на то, что неблагоприятные климатические явления относятся к природным факторам экологических рисков, косвенно тенденциям к их увеличению будут способствовать антропогенные причины [61].

Также следует отметить геологические факторы, связанные с процессами, происходящими в ходе эволюции земной коры. К таким негативным причинам можно отнести: извержения вулканов, цунами, землетрясения. Ландшафтный фактор проявляется как совокупное влияние свойств горных пород, почв, рельефа

и климата конкретной территории, и в значительной мере определяет распространение антропогенных воздействий на почвы, подземные и грунтовые воды. Гидрологический фактор зависит в основном от рельефа конкретного ландшафта и определяет скорость распространения загрязнений с поверхностным и речным стоком, возникновение оползней, селей и т.д. [81].

Другой большой группой факторов экологических рисков являются факторы антропогенной деятельности, представленные на рисунке 2.



Рис. 2. Антропогенные факторы экологических рисков

Наибольший интерес здесь представляют экономические факторы, которые включают в себя техногенные причины загрязнения окружающей среды в результате производственной деятельности. В результате деятельности промышленных предприятий и их воздействия на окружающую природную среду выделяются различные загрязняющие вещества, которые приводят к нарушениям в экосистемах и их деградации. Также экономические факторы учитывают истощаемость и невозобновимость природных ресурсов, в том числе энергетических, которые обычно выводятся в отдельную категорию.

Если экономические факторы оказывают непосредственное воздействие на окружающую среду, то правовые, социальные и политические формируют опосредованные экологические риски. Так, например, недостаточно развитая природоохранная политика государств будет приводить к нерациональному использованию природных ресурсов и неэффективному управлению в области охраны окружающей среды, что в конечном итоге может привести к экологическим кризисам.

Таким образом, можно выделить широкий спектр факторов, которые формируют экологические риски. При этом следует отметить, что последствия негативных ситуаций также разнообразны и могут быть направлены на разные компоненты природной среды. В целом по последствиям можно выделить:

1. имущественные экологические риски, к которым можно отнести вероятность имущественного ущерба вследствие загрязнений, неблагоприятных экологических событий, аварий и др., а также упущенную выгоды в результате повреждения имущества;

2. экологические риски, связанные с утратой жизни или заболеванием населения;

3. экологические риски, связанные с загрязнением окружающей среды. Традиционно здесь рассматривают загрязнение атмосферы, гидросферы, почвы, снижение биоразнообразия и численности популяций, уничтожение экосистемы в целом как среды обитания.

Формирование эффективной системы управления экологическими рисками является важной задачей для изменения хозяйственной деятельности в регионе. В научной литературе применяют следующий алгоритм управления рисками на промышленных предприятиях [71]:

1. Идентификация экологического риска. Идентификация риска представляет собой признание факта, что опасность существует, и попытку определить ее характеристики. Идентификация риска является предварительной процедурой для анализа возможных опасностей.

2. Количественная и качественная оценка экологических рисков. Определяются характеристики риска, включая величину, пространственный масштаб, продолжительность и интенсивность неблагоприятных последствий и их вероятности, а также описание причинно-следственных связей. Как оценка риска, так и его идентификация могут включать моделирование, мониторинг, скрининг.

3. Оценка приемлемости рисков. На данном этапе выносятся суждения о значимости и приемлемости вероятностей и последствий риска. Этот этап является центральным для определения природоохранной политики промышленного

предприятия. В данном случае риски сравниваются друг с другом и с выгодами, которые они приносят.

4. Разработка стратегий, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду от экологического риска.

Аналогичный подход может использоваться и для управления рисками хозяйственной деятельности региона с учетом специфики территорий, их экологической обстановки, промышленного потенциала региона, социально-экономического развития и других факторов.

На рисунке 3 представлена укрупненная схема управления экологическими рисками хозяйственной деятельности региона.

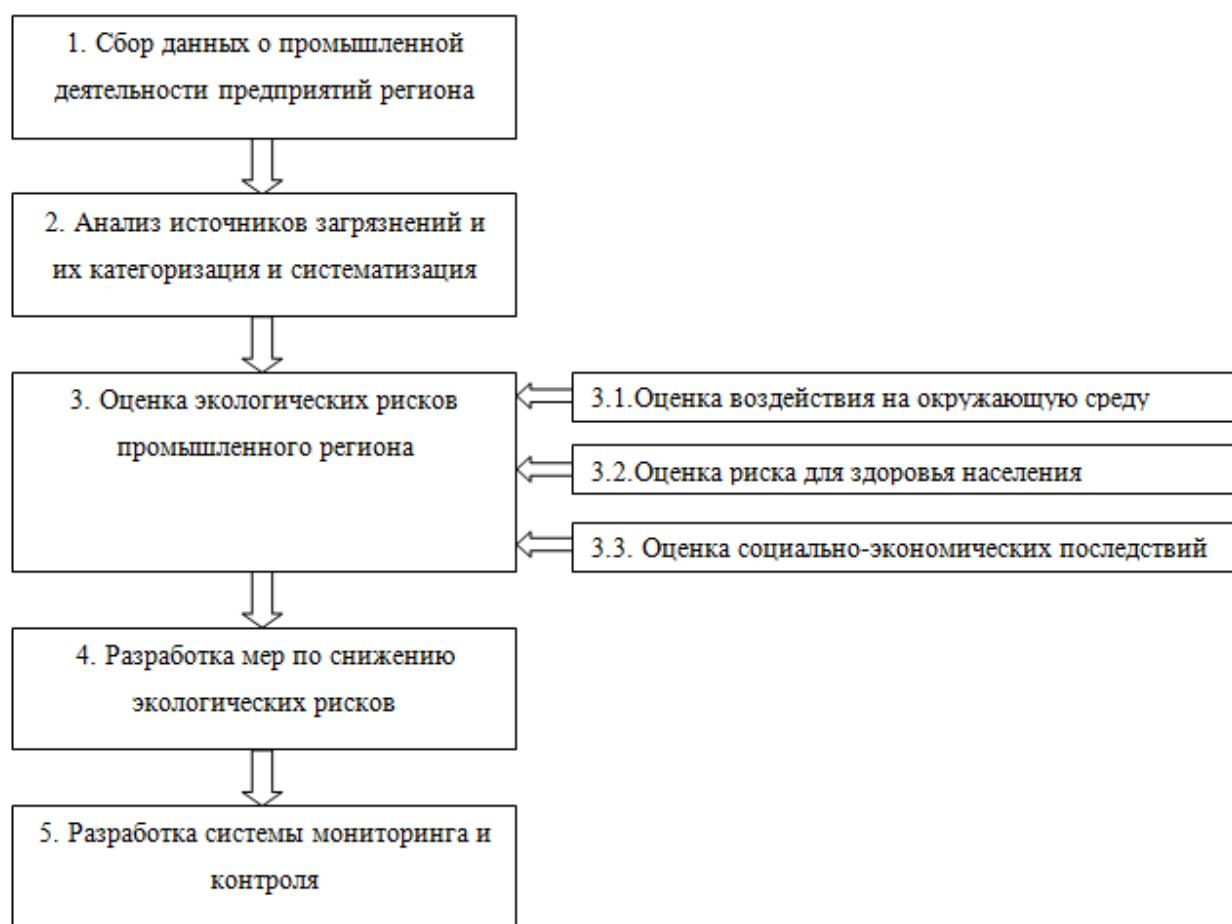


Рис. 3. Система управления экологическими рисками хозяйственной деятельности региона (разработано автором)

Формирование эффективной системы управления экологическими рисками должно начинаться со сбора данных о деятельности промышленных предприятий

в регионе и составления на их основе карт экологических рисков. С точки зрения негативного воздействия на окружающую среду, выделяют четыре категории промышленных предприятий:

1. К первой категории относятся предприятия, оказывающие значительное негативное влияние, к которым применимы наилучшие доступные технологии. Значимые промышленные объекты и производства, которые в результате своей деятельности выбрасывают в атмосферный воздух и / или сбрасывают в водные объекты загрязняющие вещества 1 и/или 2 класса опасности. В первую очередь это предприятия химической отрасли, по добыче и переработке полезных ископаемых, целлюлозно-бумажной промышленности, пищевой и животноводческой отрасли и ряд других. Для своей хозяйственной деятельности предприятия данной категории должны получать комплексные экологические разрешения, которые включают в себя, в том числе и программы повышения экологической эффективности.

2. Производства 2 категории оказывают умеренный уровень негативного воздействия, но также могут включать предприятия, для которых применимы наилучшие доступные технологии. В эту категорию попадают также инфраструктурные объекты: магистральные трубопроводы нефтепродуктов и газа, аэродромы с длиной взлетной полосы свыше 2100 м, объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта и портов. Такие предприятия обязаны разработать декларацию о негативном воздействии на окружающую среду, содержащую нормативы на выбросы, сбросы и лимиты на размещение отходов, а также программы производственного экологического контроля.

3. В 3 категорию распределяются предприятия, которые не относятся к другим установленным категориям, так как не относятся к контролируемым отраслям, либо обладают более низкой мощностью производства и оказывают незначительное негативное воздействие на окружающую природную среду. Данные объекты предоставляют отчетность в уведомительном порядке и разрабатывают планы мероприятий по охране окружающей среды и экологическому контролю.

4. Предприятия, у которых отсутствуют выбросы в окружающую среду (либо их масса не превышает 10 тонн в год), отсутствуют сбросы в водные объекты или в централизованные системы водоотведения за исключением бытовых сточных вод, относятся к 4 категории. В эту категорию относят и производства электрической и тепловой энергии для собственных нужд. Предприятия данной категории не рассматриваются как источник экологических рисков и, в связи с этим, освобождены от нормирования и платежей [8].

С точки зрения управления экологическими рисками в регионе, наибольший интерес вызывают предприятия 1-2 категории, так как они являются непрерывными источниками негативных воздействий на окружающую среду, а также обладают более высокой вероятностью аварийных ситуаций и нанесения более серьезного экологического ущерба. В таблице 1 представлены экологические риски от различных промышленных объектов.

Для визуализации информации целесообразно составлять карты экологического риска, которые бы выделяли зоны с учетом негативного воздействия вследствие антропогенной деятельности предприятий. Так, по каждому риску можно выделить:

1. Зона отсутствия экологического риска, в которой отсутствуют промышленные объекты, являющиеся источником негативных изменений. Для таких зон не предусмотрен мониторинг и отсутствует природоохранная программа мероприятий по снижению негативного воздействия.

2. Зона благоприятной экологической обстановки, на которой присутствуют объекты негативного воздействия, но вероятность возникновения негативных событий достаточно низкая. Такая территория также не требует разработки природоохранных мероприятий, но предусматривает оперативный мониторинг окружающей среды для обеспечения немедленного реагирования в случае наступления кризисной ситуации.

3. Зона экологического риска представляет собой территории с заметным снижением продуктивности и устойчивости экосистем, их нестабильным состоянием, ведущим в дальнейшем к спонтанной деградации экосистем, но ещё с

обратимыми нарушениями. Такие территории требуют разработки и принятия оперативных природоохранных мер и формирования природоохранных программ для дальнейшего восстановления поврежденных территорий. На данной территории должен быть обеспечен контроль и мониторинг окружающей природной среды.

4. Зона экологического кризиса – территории с сильным снижением продуктивности, потерей устойчивости экосистем и трудно обратимыми нарушениями. Такие зоны требуют немедленных действий по оценке промышленной деятельности и их влияния на окружающую среду с возможным снижением мощности производства или его закрытием, в случае если хозяйствующий субъект не предпринимает мер по устранению негативного воздействия на природную среду и по ее восстановлению [14].

При формировании системы управления рисками хозяйственной деятельности в регионе крайне важно правильно оценить экологический ущерб. В данном случае негативное воздействие может влиять на жизнь и здоровье человека.

При этом можно выделить:

- воздействие на рабочих, находящихся долгое время у источников загрязнения;
- воздействие на население, проживающее в загрязнённом районе, проводится оценка влияния на население региона и прогнозируется влияние на регион в будущих периодах;
- воздействие на отдыхающих в данной зоне;
- воздействие на детей, пожилых людей, людей с хроническими заболеваниями.

Приоритетные экологические риски в разрезе источников негативного воздействия на окружающую среду представлены в таблице 1.

Таблица 1. Приоритетные экологические риски в разрезе источников негативного воздействия
на окружающую среду (составлено автором)

Источник экологического риска промышленного региона	Экологические риски											
	Загрязнение атмосферного воздуха	Загрязнение водных объектов	Загрязнение почв тяжелыми металлам	Загрязнение почв пестицидами	Деградация природных объектов	Радиоактивное загрязнение	Снижение биоразнообразия	Техногенное загрязнение подземных вод	Биологическое загрязнение	Физическое загрязнение	Глобальное потепление	Социальные риски
Добыча полезных ископаемых	*	*			*		*	*		*	*	*
Сельское хозяйство		*		*	*		*	*	*			
Энергетический сектор	*										*	
Черная и цветная металлургия	*	*	*							*	*	*
Металлообработка и машиностроение	*	*	*							*	*	*
Химическая и нефтехимическая промышленность	*	*	*							*		
Лесная промышленность	*	*			*		*	*		*		
Строительная отрасль	*	*										
Транспорт	*				*					*	*	
Жилищно-коммунальное хозяйство		*	*									*
Обращение с отходами производства и потребления	*	*	*		*		*	*			*	*
Биотехнологии и фармацевтика		*							*			

Другим направлением расчета экологического риска является оценка степени негативного воздействия на окружающую природную среду. В данном случае проводится анализ влияния промышленных выбросов на качество воздуха, воды и почвы. Рассматривается антропогенная деятельность с точки зрения нарушения экосистемных связей и воздействия на биоразнообразие и популяции региона.

Кроме того, для регионального развития необходимо оценивать социально-экономические последствия. Необходимо рассчитать ущерб от неблагоприятных событий для экономики региона и ее основных показателей: ВРП, безработица, численность населения, естественный прирост или убыль населения и др. Также можно рассчитать возможные экономические потери из-за штрафов за нарушение экологических норм и требований.

Оценка ущерба – достаточно сложная задача, так как в настоящее время нет утвержденных методик, а существующие методики отражают только укрупненный результат. Кроме того, в некоторых случаях достаточно сложно оценить количественные показатели оценки экологического ущерба, что, в свою очередь, формирует проблемы с точки зрения функций контроля и изменения системы управления в регионе.

Главной задачей системы управления экологическими рисками региона является формирование условий, которые будут стимулировать и население, и хозяйствующие субъекты, и органы государственной власти и местного самоуправления к формированию экологически безопасной окружающей среды [24].

Современная система управления негативным воздействием на окружающую среду предусматривает принцип «загрязнитель платит». Не всегда такой подход будет стимулировать хозяйствующие субъекты к совершенствованию природоохранной деятельности. Например, если ставки платы за негативное воздействие достаточно низкие, то для организации чаще бывает выгоднее осуществлять плату за негативное воздействие даже с учетом

повышающих коэффициентов, чем проводить дорогостоящие природоохранные мероприятия. Таким образом, система управления экологическими рисками в регионе должна включать комплекс методов, которые должны стимулировать организации к проведению оценки экологических рисков и принятию необходимых превентивных мер. Природоохранная деятельность промышленных комплексов должна реализовываться в соответствии со схемой, представленной на рисунке 4.

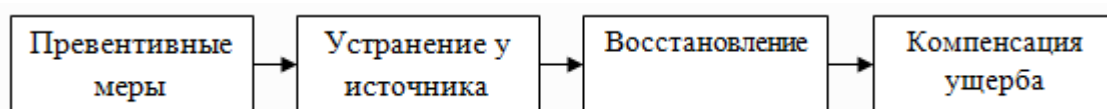


Рис. 4. Приоритет в подходах к управлению природоохранной деятельностью комплекса

Таким образом, региональные органы государственной власти и местного самоуправления должны создать такие условия, в которых предприятие заинтересовано, в первую очередь, разрабатывать программы по модернизации производственных процессов и внедрению экологически чистых технологий для снижения рисков негативного воздействия на окружающую среду. В случае же если воздействие произошло, должны приниматься меры по ликвидации загрязнения непосредственно у источника загрязнения и по недопущению его дальнейшего распространения. Последствия негативного воздействия в экосистеме требуют проведения процессов восстановления окружающей среды до первоначального состояния. В случае же если это невозможно, должна уплачиваться компенсация для ликвидации экологического ущерба.

В настоящий момент можно выделить экономические и административно-контрольные методы, которые применяются для управления природоохранной деятельностью в регионе. Данные методы представлены в таблице 2.

Таблица 2. Методы управления негативным воздействием в хозяйственной деятельности региона [34]

Административно-контрольные меры	1. Природоохранное и природоресурсное законодательство
	2. Экологические стандарты и нормативы
	3. Прямые запреты
	4. Лицензирование отдельных видов деятельности
	5. Экологический мониторинг
	6. Экологическая экспертиза и ОВОС
	7. Экологический аудит
	8. Экологическая сертификация
Экономические меры	1. Плата за негативное воздействие на окружающую среду
	2. Рынок природных ресурсов, экологических товаров и услуг
	3. Залоговая система
	4. Торговля эмиссионными квотами
	5. Экологическое страхование
	6. Штрафы и ресурсные налоги
	7. Финансовые инструменты стимулирования и финансирования природоохранной деятельности

Таким образом, региональная природоохранная политика должна включать меры, направленные на продвижение устойчивых сельскохозяйственных, промышленных и городских практических подходов, которые снижают воздействие на окружающую среду. Они включают в себя использование различных видов возобновляемой энергии, устойчивых методов ведения сельского хозяйства, эффективного управления отходами и сохранения биоразнообразия, внедрение чистых технологий, минимизирующих образование отходов и выбросов, биологическую очистку сточных вод и промышленное производство, основанное на принципах экономики замкнутого цикла.

В целом необходима реализация кампаний по экологическому образованию, нацеленных на сообщества, предприятия и органы государственной власти и местного самоуправления, для поощрения ответственного и устойчивого поведения. Данный подход включает в себя и взаимодействие с заинтересованными сторонами: консультации с представителями промышленных предприятий, местными органами власти,

общественными организациями и населением. Также разработка системы информирования о результатах оценки экологических рисков и принятых мерах по их снижению.

В целом можно сделать следующие выводы: антропогенная деятельность в регионе формирует экологические риски, которые требуют управления. Существуют определенные проблемы с оценкой экологических рисков, так как они могут иметь различный характер воздействия (немедленные или долгосрочные последствия), влияние на различные компоненты окружающей среды и сложность их взаимосвязей, степень разрушения (локальные, региональные или глобальные).

Экологические риски включают в себя сложный ряд причинно-следственных связей от источника до воздействия, включающие экологические, технологические и социальные переменные, которые необходимо моделировать и рассматривать в совокупности.

В идеале управление рисками должно быть направлено на полное их устранение, хотя на практике это невозможно, так как экологические риски тесно связаны с социальными выгодами, так что их снижение обычно означает и снижение социальных выгод, получаемых от принятия риска. В связи с этим должны реализовываться меры по их минимизации и оперативному контролю и мониторингу для предотвращения более серьезных негативных последствий.

1.2. Экологический ущерб и его особенности в современной действительности

Количественная оценка экологического риска является достаточно сложной задачей, обобщенно которую можно рассматривать как нанесение ущерба здоровью населения, а также материальных потерь.

Количественная оценка экологических рисков может быть проведена посредством оценки экологического ущерба, который может быть нанесен

природной среде в случае негативных изменений отдельных элементов окружающей среды или их совокупности.

Принято выделять следующие направления для расчета экологического ущерба:

- ущерб вследствие разрушения почвенного покрова, в том числе в результате его полного уничтожения и разрушения;
- ущерб вследствие загрязнения и засорения поверхностных и подземных вод. Здесь также учитывается чрезмерный забор воды, который приводит к негативным последствиям;
- ущерб вследствие загрязнения атмосферного воздуха;
- ущерб вследствие уничтожения или повреждения растительности;
- ущерб вследствие уничтожения или заболевания фауны [58].

Само понятие экологического ущерба включает в себя четыре составляющих:

- материальный масштаб того, что затрагивается, т.е. природные ресурсы и компоненты окружающей среды;
- понятие неблагоприятных последствий, т.е. неблагоприятные изменения и нарушения в экосистеме и окружающей среде;
- масштаб этих неблагоприятных последствий;
- механизмы, вследствие которых могут возникнуть эти неблагоприятные последствия: прямые или косвенные [9].

Оценка экологического ущерба является достаточно сложной задачей, так как в случае наступления негативной ситуации можно наблюдать неблагоприятные изменения в окружающей среде по цепочке взаимодействующих компонентов и на разных иерархических уровнях. Кроме того, негативные последствия могут наступать через продолжительное количество времени, что требует формирования прогнозного сценария изменения окружающей среды [60].

Следует различать понятие экологического ущерба с экологической и экономической точек зрения. В первом случае ущерб обычно определяется как вред, причиненный окружающей среде, выраженный в специальных натуральных единицах измерения, таких как количество загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, количество безвозвратно использованных природных ресурсов и т. д.

С экономической точки зрения ущерб, как правило, характеризуется несколькими методическими подходами:

1. Вероятностный подход, который выражается в том, что размер ущерба окружающей природной среде устанавливается на основе данных, которые не дают возможности точно определить размер причиненного ущерба и причины его возникновения из-за неполноты информации, необходимой для формирования точных выводов.

2. Компонентный подход, при котором расчет ущерба окружающей среде осуществляется по отдельным элементам окружающей среды, при этом нормы, определяющие методику расчета ущерба, предусмотрены самостоятельными нормативными и методическими актами.

3. Ресурсный подход, выражающийся в том, что оценка ущерба окружающей среде осуществляется по элементам окружающей среды, используемым в производственно-хозяйственной деятельности человека с учетом объема воздействия на человека негативных факторов от такой деятельности.

4. Комплексный подход предполагает оценку ущерба окружающей среде в пределах определенной зоны загрязнения путем сложения размеров ущерба, причиненного отдельными элементами окружающей среды, т.е. является совокупным [93].

Таким образом, экологический ущерб является формой платежей за загрязнение природы и окружающей среды, а также уничтожение земель, растений или животных. Хотя размер компенсации должен быть установлен

на основе эколого-экономической оценки повреждения соответствующей среды, он также должен быть достаточным для реализации мер, направленных на восстановление, воспроизводство и улучшение экосистемы.

В зарубежной литературе возмещение экологического ущерба определяется на основе 3-х категорий:

1. Первичная реабилитация — это стоимость любой восстановительной, замещающей или рекреационной деятельности, направленной на возвращение нарушенных природных ресурсов в исходное состояние или создание природных ресурсов, эквивалентных нарушенным ресурсам.

2. Реабилитация путем компенсации — это стоимость, которая потребуется для компенсации эксплуатации или обслуживания потери соответствующих природных ресурсов за период от возникновения ущерба или условий загрязнения до реализации мероприятий по реабилитации.

3. Расходы, связанные с работой по оценке ущерба.

При оценке ущерба расчет основывается на идентификации последствий негативного воздействия на окружающую среду. Для этого учитывают:

- продолжительность воздействия по времени и площадь пораженной территории. Это позволяет оценить численность населения, которое подвергнется негативному воздействию. Также количественно оцениваются ресурсы, которые будут уничтожены вследствие деградации окружающей среды из-за негативного события;

- характер чрезвычайности. Данный критерий отражает скорость, с которой будут происходить негативные явления в природной среде, а также время на стабилизацию ситуации и дальнейшую ее реабилитацию и восстановление;

- степень необратимости ущерба. В случае негативного воздействия экосистема может восстановиться вследствие внутренних процессов или в результате внешних факторов за счет природоохранных мероприятий. Чрезвычайные ситуации и существенный экологический ущерб могут нанести

необратимые негативные последствия экосистемам без дальнейшей возможности к их восстановлению. Здесь важно оценивать также кумулятивные и синергетические воздействия различных компонентов, которые присутствуют в окружающей среде. Так, некоторые виды вредных веществ могут накапливаться в компонентах окружающей среды и в пищевых цепочках и иметь отсроченный негативный эффект [95].

При стоимостной оценке нанесенного вреда следует учитывать как затраты на ликвидацию загрязнения, так и на мероприятия по восстановлению экосистемы. Ликвидация загрязнения подразумевает меры, принимаемые в случае возникновения риска утечки загрязняющих веществ или выброса вредных веществ в окружающую среду, такие как: снижение концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде, стабилизация или фиксация загрязняющих веществ в окружающей среде или реализация мер по изоляции загрязненных территорий, снижение рисков, вызванных загрязнением, до приемлемого уровня, а также восстановление или частичное восстановление экологических функций загрязненных территорий. Экологическое восстановление подразумевает меры, принимаемые для восстановления нарушенной экологической среды до исходного состояния [51].

Существуют различные методы для экономической оценки экологического ущерба. Можно выделить следующие подходы:

1. Метод удельного ущерба

Основой определения общего ущерба является удельный ущерб, нанесенный при определенном уровне загрязнения обычной единице учета (1 тыс. чел., 1 га земли, 1 млн рублей основных фондов и т. д.). Наиболее просто использовать средний удельный коэффициент потерь на 1 тонну выбросов и сбросов. Данный метод является основой определения предотвращенного экологического ущерба.

В основе метода лежит упрощенная процедура расчета по единой формуле. Экономический ущерб в рамках данной системы определяется по следующей формуле:

$$U = \gamma * G * \sum A_i * m_i, \quad (2)$$

где:

U – общий экономический ущерб в денежном выражении;

m_i – объем выброса i -го загрязняющего вещества;

A_i – коэффициент приведения различных примесей к монозагрязняющему веществу;

G – коэффициент, учитывающий региональные особенности территории, подвергающейся негативному воздействию;

γ – денежная оценка единицы выброса.

В соответствии с этой формулой все производственные выбросы агрегируются, а затем корректируются на коэффициент, учитывающий региональные особенности территории и умножаемый на коэффициент γ , принятый для измерения денежной оценки данных выбросов. На практике его величина должна дополнительно корректироваться с учетом инфляции.

2. Метод обобщенных косвенных оценок

Расчет экономического ущерба методом обобщенных косвенных оценок положен в основу современной системы платежей за загрязнение окружающей среды в России.

Согласно упрощенной трактовке этого метода, общий экономический ущерб окружающей среде от техногенного загрязнения определяется как сумма ущербов от загрязнения атмосферы (U_a), воды (U_w), почвы (U_s).

Расчет экономического ущерба по отдельным объектам осуществляется по следующей формуле:

$$U = P_i * M_i * K, \quad (3)$$

где:

U – экономический ущерб от загрязнения окружающей среды, руб./год;

P_i – базовая ставка платы за загрязнение окружающей среды, руб./т;

M_i – масса загрязняющих веществ, выбрасываемых в окружающую среду по отдельным ингредиентам, т;

K – коэффициент экологической обстановки и экологической значимости территории.

Базовая ставка платы рассчитывается, исходя из годовых ставок платы за негативное воздействие от выбросов, сбросов и размещения отходов.

3. Метод прямого расчета

Для более точных расчетов целесообразно использовать метод прямого расчета, основанный на прямом сравнении и анализе показателей, характеризующих негативные последствия воздействия загрязнения на реципиентов.

Метод заключается в определении суммы потерь от всех ресурсов, подвергшихся негативному воздействию. Зная объем негативного воздействия по видам загрязняющих веществ (выбросы, сбросы загрязняющих веществ, образование отходов) (V), рассчитывают все потери, вызванные этими выбросами.

Денежная оценка ущерба будет рассчитываться по формуле:

$$U = U_1(V) + U_2(V) + \dots + U_n(V), \quad (4)$$

где:

U_1 – удельный экономический ущерб, вызванный выбросом загрязняющих веществ в атмосферный воздух, руб./год;

U_2 – удельный экономический ущерб, наносимый годовым сбросом загрязняющих веществ в водные источники, руб./год и т. д.

В основе метода прямого счета лежит следующая последовательность расчетов:

1. определение уровня загрязнения окружающей среды;
2. определение природного ущерба;
3. определение экономического ущерба;

4. заключительный этап.

На первом этапе расчетов проводится анализ объема, состава и концентрации выбросов. Они проводятся на основе фактических измерений соответствующими приборами.

На втором этапе производится оценка природного воздействия на окружающую среду и хозяйственную деятельность по следующим видам ущерба:

- материальный ущерб;
- ущерб здоровью и жизни населения;
- ущерб природно-ресурсной системе.

Оценка естественных изменений в денежных измерителях с использованием рыночных цен представляет собой определение фактического экономического ущерба от загрязнения природной среды – третий этап денежной оценки физических изменений в компонентах природной среды.

Экономический ущерб суммируется из отдельных видов ущерба в пределах загрязненной зоны и оценивается по формуле:

$$U = \sum x_i * p_i , \quad (5)$$

где:

U – общий экономический ущерб от изменения всех факторов;

x_i – натуральное измерение i -го фактора во времени;

p_i – денежная оценка i -го фактора.

Последний завершающий этап необходим, так как не все последствия загрязнения природной среды можно выразить в денежной форме. Любая экосистема – сложный и уникальный объект. На этом этапе проводится анализ тех факторов, которые не учитываются денежной оценкой, или инерционных, которые могут проявить себя через годы [98].

Анализируя российскую правовую базу в сфере подходов к расчету экологического ущерба можно выделить два направления:

- оценка на основе фактических затрат, связанных с устранением последствий негативных изменений;
- оценка на основе такс и методологий, утвержденных органами государственного регулирования [56].

В первую очередь экологический ущерб должен рассчитываться исходя из существующих методик и тарифов, и только если последние отсутствуют, размер выплат или предотвращенного ущерба должен исчисляться на основе фактических затрат на восстановление, в том числе включая упущенную выгоду и убытки. В таблице 3 представлены основные методики расчета экологического ущерба по элементам окружающей среды.

Таблица 3. Обзор российского законодательства в сфере исчисления размера экологического ущерба [56]

Элемент экологического ущерба	Нормативно-правовой документ
Оценка вреда, причиненного почвам	Приказ № 238 от 8.07.2010 «Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды».
Оценка вреда, причиненного водным объектам	Приказ № 87 от 13.04.2009 «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства».
Оценка вреда, причиненного атмосферному воздуху	Приказ № 59 от 28.01.2021 «Методика исчисления размера вреда, причиненного атмосферному воздуху как компоненту природной среды».
Оценка вреда, причиненного лесам и природным объектам в нем	Постановление № 1730 от 29.12.2018 «Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства».
Оценка вреда, причиненного водным биологическим ресурсам	Приказ № 167 от 31.03.2020 «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам».
Оценка вреда, причиненного охотничьим ресурсам	Приказ № 948 от 8.12.2011 «Методика исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам».

В целом эксперты отмечают несовершенство российского законодательства. В первую очередь это связано с отсутствием четкого понятия экологического ущерба, неточностью в терминологии для его определения и отсутствия систематизации методик расчета. Кроме того,

представленные методики носят нормативный подход, что может приводить к недостоверным результатам.

В Китае выделяют два типа экологического ущерба, которые могут быть вызваны авариями или постепенным накоплением вредных веществ: ущерб здоровью и жизни человека и непосредственно экологический ущерб, связанный с нанесением негативных последствий природной среде. Для компенсации последнего существуют определенные правовые трудности, в частности, в определении части ущерба, которая подлежит компенсации, в связи с этим рассчитываются обычно прямые понесенные убытки. В правовом поле иски о чистом экологическом ущербе допускаются только в том случае, если конкретное законодательство имеет четкие положения, которые чаще всего ограничиваются превентивными мерами или мерами по восстановлению нанесенного ущерба природной среде.

В 2024 году в Китае были приняты единые «Технические рекомендации по выявлению и оценке экологического ущерба окружающей среде. Общие принципы и ключевые ссылки». Они в себя включают расчет по пяти направлениям:

- ущерб здоровью и жизни человека, который, прежде всего, включает общие медицинские расходы и денежные потери вследствие временной нетрудоспособности или инвалидности;
- имущественный ущерб, который включает в себя фактическую стоимость активов и имущества, уничтоженных или уменьшенных непосредственно в результате аварий и инцидентов, связанных с загрязнением окружающей среды;
- расходы на экстренную утилизацию загрязняющих веществ при необходимости срочной ликвидации негативных изменений;
- расходы на исследование и оценку – относятся к расходам, понесенным при оценке ущерба от загрязнения окружающей среды;

- расходы на ликвидацию последствий загрязнения, включающие расходы на мероприятия, которые должны снизить экологические риски, вызванные загрязнением, до приемлемого уровня после завершения экстренного реагирования. Также здесь учитываются расходы на разработку планов ликвидационных мероприятий, а также на мониторинг и надзор.

Следует отметить, что единые подходы в правовом поле в области расчета экологического ущерба в Китае только формируются [56].

В западных странах в основе экономического расчета экологического ущерба часто применяется метод анализа эквивалентности. Рассчитывать ущерб в результате разрушения экосистемы, загрязнения окружающей среды предполагается комбинированным образом, т.е. компоненты окружающей среды, такие как воздух, вода, почва и т. д. рассматриваются не по отдельности в ограниченном диапазоне, а в совокупности. В соответствии с представленной концепцией оцениваются денежные затраты, необходимые для восстановления первоначального вида среды обитания на территориях, поврежденных в результате антропогенной деятельности [100].

В 2021 году Евросоюзом была принята Директива в отношении предотвращения и устранения ущерба окружающей среде, которая закрепила общее понимание термина «ущерб окружающей среде» и руководящие принципы его регулирования. Следует отметить, что данный документ отмечает, что с точки зрения материального охвата определение «ущерба» относится к двум концепциям: «природный ресурс» и «услуга природного ресурса». «Природный ресурс» определяется как три отдельные категории ресурсов: охраняемые виды, естественные среды обитания, вода и земля. В то же время определение «услуги природного ресурса» подчеркивает взаимозависимость этих различных категорий, ссылаясь на функции, которыми они дополняют друг друга.

В представленном документе предусмотрены три основные категории обязательств промышленных объектов:

1. В случаях, когда ущерб окружающей среде еще не нанесен, но существует непосредственная угроза его возникновения, предприятие обязано безотлагательно принять необходимые превентивные меры.

2. В случае нанесения ущерба окружающей среде предприятия обязаны предпринять все возможные шаги для немедленного контроля, локализации, удаления или иного управления соответствующими загрязняющими веществами и/или любыми другими факторами ущерба с целью ограничения или предотвращения дальнейшего ущерба окружающей среде и неблагоприятного воздействия на здоровье человека или дальнейшего ухудшения природных условий.

3. В случае нанесения ущерба окружающей среде предприятия обязаны принять меры по исправлению положения и компенсировать мероприятия по ликвидации ущерба и восстановлению экосистемы.

Таким образом, экологический ущерб представляет собой с экологической точки зрения – количественную оценку вреда, наносимого отдельным компонентам окружающей среды и экосистеме в целом в результате различных видов деятельности человека или стихийных бедствий. В экономической трактовке экологический ущерб рассматривают как денежные затраты, которые необходимы для ликвидации негативного воздействия и восстановления природной среды до ее первоначального состояния. Также в сумму экологического ущерба может добавляться упущенная выгода.

В настоящий момент в российском законодательстве существуют проблемы с формированием методологической базы расчетов ущерба и в целом отсутствуют единые трактовки понятия «экологического ущерба» и сопутствующих терминов. В целом выделяют четыре основных метода по его расчету: экспертной оценки, прямого счета, косвенной оценки и рыночной оценки (методы оценки недвижимости).

1.3. Проблемы управления негативным воздействием промышленного комплекса на окружающую среду в регионе

Управление экологическими рисками является важной задачей промышленности региона. Целью формирования системы экологической безопасности региона является достижение приемлемого уровня экологического риска, т.е. такой его величины, которая будет оправдана с точки зрения социально-экономического развития территории с учетом современных подходов и требований в области природопользования.

Следует отметить, что в основе управления промышленными предприятиями в регионе лежит принцип оптимального уровня соотношения выгоды и ущерба, основанный на нормировании поступающих загрязняющих веществ в окружающую среду. Таким образом, формируется предельно допустимый экологический риск, отражающий максимальный уровень, превышение которого приведет к необратимым последствиям и вызовет процессы деградации в окружающей среде либо патологические изменения и заболевания у населения. Проблемой такого подхода является отсутствие стимулов для предприятий совершенствовать свою природоохранную деятельность с учетом современных подходов и инструментов в области природопользования в случае, если предприятие не превышает установленных экологических нормативов. Это может привести к не реализации того потенциала охраны окружающей среды, которое предприятие может использовать в рамках применения «зеленых» и наилучших доступных технологий, возможностей цифровых инструментов, инновационных и передовых методов управления природоохранной деятельностью и т.д.

В настоящий момент в рамках компенсации ущерба, которое предприятие наносит окружающей среде в результате своей деятельности, взимается плата за негативное воздействие: за выбросы в атмосферный воздух от стационарных источников, за сбросы загрязняющих веществ в водные

объекты, за хранение и захоронение отходов производства и потребления. Эти неналоговые доходы поступают в местные и региональные бюджеты для ликвидации ущерба окружающей среде, обеспечения природоохранных мероприятий и восстановления нарушенного экологического равновесия. Существенной проблемой здесь является непрозрачность целевого расходования поступающих денежных средств, что связано с бюджетным законодательством РФ. В соответствии с ним, исполнение бюджета обеспечивается на основании принципа единства кассы, что в свою очередь не предполагает возможности определения целевых источников платы. Таким образом, доходы от платы за негативное воздействие на окружающую среду привязываются к программе природоохранных мероприятий только на этапе планирования. Проблема целевого расходования доходов от платы за негативное воздействие является крайне актуальной и в ряде субъектов решается следующим образом: если поступающая фактическая плата меньше прогнозных значений, то природоохранная программа сокращается [45]. В обратном случае, когда плата превышает планируемые показатели, разницу направляют на выявление и ликвидацию накопленного ущерба.

Со стороны предприятия плату за негативное воздействие также нельзя рассматривать как идеальный компенсационный инструмент, хотя он включает в себя механизм снижения исчисления платы при совершенствовании природоохранной деятельности организации. Общая формула платы включает в себя следующие элементы:

$$\text{ПНВОС} = C_B * M_B * K, \quad (6)$$

где

ПНВОС - плата за негативное воздействие на окружающую среду;

C_B – ставки платы, устанавливаемые Правительством РФ для каждого типа загрязнителя или отхода в зависимости от степени его негативного воздействия на окружающую среду;

M_B – платежная база, отражающая объем воздействия (чаще всего массу загрязнителя);

K - повышающие и понижающие коэффициенты [173].

Повышающие коэффициенты устанавливаются в случае превышения установленных нормативов допустимого воздействия, превышения лимитов размещения отходов, деятельность в особых природоохранных зонах, отсутствие нормативных документов и т.д. Предприятия также могут снизить плату за негативное воздействие, если осуществляют ряд природоохранных мероприятий: модернизацию очистных сооружений, внедрение наилучших доступных технологий, переработку отходов или возвращение их в производственный цикл, выполнение норматива по утилизации для снижения суммы экологического сбора и др. Однако следует отметить, что для получения вычета расходов на природоохранные мероприятия организация должна осуществить корректировки платы, но осуществление корректировок ограничено установленными законодательством сроками. Это приводит к тому, что не всегда предприятие может компенсировать свои затраты, что снижает стимулы к совершенствованию природоохранной деятельности.

В случае нарушения законодательства в области охраны окружающей среды предприятие обязано компенсировать нанесенный ущерб природной среде. В российском законодательстве сумма ущерба рассчитывается на основании фактических затрат, израсходованных на восстановление нарушенного состояния окружающей среды, в том числе с учетом упущенной прибыли [3].

Отличительными чертами действующей системы экономической оценки экологического ущерба являются компонентный подход и, следовательно, отсутствие комплексности в расчетах, а также преобладание нормативных методов оценки при отсутствии законодательно признанных методов оценки ущерба. Нормативные методы – это методы, связанные с

использованием определенных утвержденных стоимостных параметров и математических формул [157].

В настоящий момент можно выделить ряд проблем, которые встречаются при оценке экологического ущерба и экологических рисков.

1. Сложность количественной и качественной оценки. В результате антропогенной деятельности и различных негативных событий в окружающей среде происходят негативные изменения, которые необходимо оценивать не только с количественной точки зрения, но также и определять качественные изменения экосистемы. Наиболее острая проблема состоит в сложности определения всех взаимосвязей между загрязнителем и нарушениями в окружающей среде, которые он вызывает. В связи с этим не всегда точно удастся оценить экологические риски, что приводит к занижению экологического ущерба. В качестве примера можно привести применение инсектицида ДДТ, который активно использовался с 1940 годов по 1980 года в сельском хозяйстве для обработки территорий с целью предотвращения распространения малярии и клещевого энцефалита. В 1948 году изобретатель ДДТ Пауль Мюллер был удостоен Нобелевской премии за свое изобретение, так как ДДТ показал высокую эффективность против борьбы с вредителями и переносчиками заболеваний. Однако позднее исследования показали, что ДДТ обладает высокой устойчивостью к разложению, что приводит к его накоплению и увеличению его содержания в пищевой цепочке. Особо негативному воздействию подверглись некоторые виды птиц, у которых накопление ДДТ привело к нарушению функции размножения и снижению численности популяции.

2. Отсутствие стандартизированных методов. Существуют различные методы и подходы к оценке экологического ущерба для разных компонентов окружающей среды. Однако в настоящий момент в ряде случаев отсутствует единая стандартизированная методологическая база, которая бы позволила объективно оценивать экологические риски. Применение различных подходов

способствует усложнению сравнительного анализа как на уровне регионов, так и на уровне отдельных хозяйствующих субъектов. Для промышленных предприятий отсутствие единых методик по расчету ущерба может приводить к искаженной оценке экологических рисков и в связи с этим недостаточно эффективному природоохранному управлению [9].

Также следует учитывать, что в основе оценки экологического ущерба применяется ресурсный подход, в результате величина ущерба рассчитывается по компонентам окружающей среды, которые вовлечены в хозяйственный оборот в качестве ресурсов и факторов производства. Результатами таких расчетов становится исключение из оценки класса объектов, не вовлеченных в процесс производства, однако оказывающих воздействие, которое также приводит к развитию негативных последствий.

Таким образом, использование стандартизированных методов позволило бы объективно оценивать ущерб окружающей среде, исключать разночтения в расчетах экологического ущерба и более точно определять последствия экологических опасностей.

3. Проблемы экономической оценки ущерба. Как уже отмечалось, существует достаточно большое количество методов расчета экологического ущерба, которые могут применяться в зависимости от цели и задач расчета, а также объекта поражения. При этом каждый метод обладает своими достоинствами и недостатками. Для обоснования и применения большого количества экономических природоохранных инструментов часто применяется стоимостный подход. Он используется в случае судебных разбирательств и взыскания средств с нарушителя законодательства в области охраны окружающей среды, при страховании финансовой ответственности, при эколого-экономической оценке проектов и принятии решения об их целесообразности, при выборе оптимальных проектных инвестиционных решений, при оценке экологических рисков и разработке природоохранных программ для их снижения. В настоящий момент для экономической оценки

экологического ущерба окружающей природной среды применяется нормативный или «таксовый» подход, который представляет собой перемножение натуральных показателей, отражающих ущерб, со ставками платы (таксами). Дополнительно могут использоваться поправочные коэффициенты. Однако в подобных методиках не приведены ни обоснования установленных такс, ни поправочных коэффициентов, что делает подобные расчеты абсолютно непрозрачными и может в свою очередь занижать или завышать получаемые значения экологического ущерба. Таким образом, нормативный метод исключает экономический анализ и стоимостную оценку влияния различных факторов на фактические потери общества в результате негативного воздействия [76].

Существенной проблемой является экономическая оценка ущерба, причиненного здоровью и жизни человека, так как в современном законодательстве отсутствуют таксы и методики по их расчету. Следует учесть, что экологический ущерб здесь может складываться из трех составляющих: физиологический, моральный и генетический. Однако доказать и обосновать такие потери в настоящий момент проблематично.

Таким образом, при стоимостной оценке экологического ущерба в настоящий момент используется компенсаторный принцип, определяющий размер ущерба в соответствии с размером причиненного вреда или убытков. Но при этом сам вред не всегда объективно оценивается.

4. Проблема оценки косвенного ущерба. Методики расчета, представленные для стоимостной оценки экологического ущерба, часто не включают в себя оценку косвенного ущерба экосистемам, вызванного разрывом естественных связей в природе и нарушением экологических процессов в долгосрочной перспективе. Такие нарушения происходят опосредованно и могут приводить к климатическим изменениям, снижению биоразнообразия и численности популяций, заболеваниям населения в

результате накопления и преобразования загрязнителя в окружающей среде и др.

5. Проблема терминологии экологического ущерба и экологического вреда. В отечественной научной литературе применяется термин «экологический ущерб», хотя в природоохранном законодательстве чаще можно встретить термин «экологический вред». В целом экологический вред – более широкое понятие, включающее в себя помимо количественных и качественных характеристик ухудшения природы любые неблагоприятные последствия, в том числе и материальные [57]. В целом можно отметить неразработанность терминологии экологического ущерба и различные его трактования в юридическом, экологическом и экономическом понимании. Кроме того, в самом законодательстве РФ не всегда четко определены виды экологического ущерба, что может вызвать затруднения в его оценке и дальнейшей компенсации [78].

6. Проблема ограничения в получении данных и их низкое качество. Оценка экологического ущерба требует обширных данных о загрязняющих веществах, экосистемах и потенциальных воздействиях, которые может быть сложно собрать и стандартизировать. Данных по определенным областям, загрязняющим веществам или воздействиям может быть недостаточно, что приводит к неполным или неточным оценкам. Кроме того, могут встречаться ошибки при сборе информации и ее интерпретации, которая лежит в основе расчетов экологического вреда.

Таким образом, проблема расчета экологического ущерба включает в себя несовершенные нормативно-правовые механизмы, которые требуют доработки и уточнения, а также применения более эффективных подходов.

В рамках управления негативным воздействием на окружающую среду и экологическими рисками в регионе необходимо рассматривать новые подходы, которые бы учитывали комплексную оценку экосистемных услуг в регионе. В основе данной концепции рассматриваются выгоды, которые люди

получают от экосистем, включая как прямой, так и косвенный вклад в благосостояние человека. Существуют как потребительские, так и непотребительские ценности, которые составляют общую экономическую ценность, включая как внутренние ценности экосистем и биоразнообразие, так и рыночные стоимости товаров и услуг. На рисунке 5 представлены составляющие общей экономической ценности.



Рис. 5. Концепция общей экономической ценности экосистемных услуг [174]

В целом экосистемы могут предлагать четыре вида услуг (продуктов):

1. Услуги по обеспечению (продукты питания, сырье, энергетические ресурсы, медицинские ресурсы и др.).
2. Регулирующие услуги – это выгоды, получаемые от регулирования экосистемных процессов. Сюда можно отнести способность экосистем к самоочищению, поглощению и рассеиванию вредных веществ, поглощению углекислого газа, опылению и др.
3. Поддерживающие услуги. Здесь выделяют кругооборот веществ, почвообразование, создание среды обитания, первичная продукция и т.д.
4. Культурные услуги относятся к нематериальному миру, включают в себя выполнение рекреационной, эстетической, познавательной и духовной функций. Таким образом, сюда относят: туризм и отдых, экотерапию, использование природы в религиозных или культурно-исторических целях, использование экосистем для школьных экскурсий и научных открытий [74].

Оценка экологического ущерба и экологических рисков промышленных регионов должна учитывать потери в общей стоимости экосистемных услуг в случае наступления неблагоприятной ситуации, оказывающей негативное воздействие на окружающую среду, и должен учитываться экологический ущерб как потребительской стоимости, так и неиспользованной ценности. На практике такие расчеты достаточно сложны, так как требуют разнообразных методов и инструментов для оценки экологического ущерба, а также детального анализа компонентов природной среды каждого региона в отдельности. Однако в зарубежной научной литературе такой подход активно развивается и позволяет более эффективно управлять окружающей средой.

Следует также отметить, что помимо существенных проблем, связанных с оценкой экологического ущерба, управление негативным воздействием в регионе сталкивается также с проблемой экологического мониторинга. Недостаточное применение современных цифровых инструментов приводит к возникновению большого временного лага между поступлением данных, их обработкой и получением сигналов о нарушении и возникновении опасных ситуаций. Многие реализованные инструменты носят формальный характер и не дают реальных практических результатов. С одной стороны, это связано и с недостаточным финансированием систем мониторинга, и с отсутствием проработанной законодательной базы, и с отсутствием информационно-интерактивных экологических карт и единых информационных баз в области природопользования. Кроме того, ухудшению процесса мониторинга негативного воздействия промышленного комплекса на окружающую среду в регионе способствует введение моратория на плановые экологические проверки, установленного до 2030 года. Контрольные органы могут осуществлять только внеплановые проверки по жалобам и обращениям граждан и только при угрозе причинения вреда жизни и тяжкого вреда здоровью граждан, риске возникновения чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера и по фактам их возникновения.

Таким образом, управление негативным воздействием промышленного комплекса на окружающую среду в регионе сталкивается с рядом существенных проблем. Прежде всего, можно отметить малорезультативную современную государственную политику и недостаточно проработанную нормативно-правовую базу. Применяемый принцип «загрязнитель платит» недостаточно стимулирует промышленные объекты к совершенствованию природоохранной деятельности, что связано в первую очередь с низкими базовыми ставками платежей. Для предприятия часто бывает выгодней заплатить повышенную плату за негативное воздействие на окружающую среду, чем проводить природоохранные мероприятия. Этому способствует и проблемы вычета затраченных средств на природоохранные мероприятия из платы, хотя это предусмотрено законом.

Отсутствие стандартизированных и единых подходов к расчету экологического ущерба приводит к неправильной оценке экологических рисков и занижению денежных сумм, требуемых для восстановления и компенсации нанесенного экологического вреда экосистеме. Кроме того, отсутствие установленных методов расчета экологического ущерба приводит к невозможности сравнительного анализа и сравнительной оценки природоохранной деятельности различных регионов и промышленных комплексов.

В настоящий момент управление негативным воздействием на окружающую среду требует разработки новых, более эффективных правовых, экономических и административных методов, которые должны включать в себя понятные и легкорезализуемые финансовые, налоговые, законодательные и другие инструменты. Задачей государственной политики должно стать стимулирование предприятий не просто к выполнению установленных экологических норм, но постоянное совершенствование своей природоохранной деятельности с учетом современных передовых достижений и положительного опыта в данной области. Этого можно добиться при

условии развития таких инструментов как обязательное экологическое страхование, экомаркировка, внедрение в систему управления экологического менеджмента и аудита. Необходимо усилить экологическую ответственность промышленных комплексов, для того чтобы предприятия проводили оценку наносимого экономического ущерба окружающей природной среде и искали пути для его предотвращения. Для этого необходимо разработать понятные и структурированные методики и рекомендации по расчету экологического ущерба.

ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ И ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕГИОНА

Важность управления экологическими рисками предприятия постоянно растет, поскольку этот фактор влияет на лидирующие позиции компании с точки зрения устойчивого развития, оптимизацию текущих процессов и на иные аспекты эколого-экономической деятельности. В рассматриваемой в настоящей главе сфере управления экологическими рисками важно сочетание методов и инструментов управления производственными процессами с точки зрения снижения негативного воздействия на окружающую природную среду.

Поскольку в сфере экологической деятельности предприятие имеет дело с риском во многих аспектах и в различных фазах жизненного цикла предприятия, необходимо выбрать и применить надлежащие методы оценки степени риска с учетом эколого-экономической обстановки в регионах.

Подходы, основанные на оценке риска, лежат в основе понимания изменений структуры риска в процессе эколого-экономической деятельности предприятий.

Устойчивое развитие регионов базируется на идее, что промышленные предприятия должны минимизировать риск и ущерб от своего негативного воздействия, снижать выбросы в атмосферный воздух и количество образующихся отходов производственного и непроизводственного типа, сокращать объемы и повышать качество очистки сточных вод перед сбросом в поверхностный водный объект. Устойчивое социально-экономическое развитие регионов позволит обеспечить достойный уровень и качество жизни населения региона в среднесрочной и долгосрочной перспективах.

Таким образом, оценка рисков позволит предотвратить возникающий впоследствии ущерб и снизить показатели по негативному влиянию на окружающую природную среду.

2.1. Идентификация и оценка экологических рисков для российских предприятий

Переход страны на принципы устойчивого развития подразумевает предварительную оценку всех эколого-экономических рисков с последующей выработкой мер по их нейтрализации. Чтобы эффективно снижать негативное воздействие, важно применять рефлексивные стратегии оценки и участия заинтересованных лиц на ранних этапах развития. Такие оценки должны быть формально объединены в материализуемые решения в рамках устойчивого экономического развития регионов.

Для этого необходимы объективные независимые оценки связанных с экологическими рисками промышленных предприятий. В случае инфраструктурных изменений и реструктуризации промышленного сектора идентификация и оценка экологических рисков основываются на сложных, количественных моделях, используя изучение многочисленных обратных связей и статистические данные. Алгоритм идентификации и оценки экологических рисков для деятельности промышленных предприятий представлен в таблице 4.

Таблица 4. Алгоритм идентификации и оценки экологических рисков для деятельности промышленных предприятий (разработано автором)

Шаги	Действия	Выделяемое время в %
Шаг 1.	Формирование экспертной группы	3
Шаг 2.	Разработка программы идентификации, оценки экологических рисков и методики экспертизы	3
Шаг 3.	Разработка системы критериев оценивания	3
Шаг 4.	Изучение контрольных списков	2
Шаг 5.	Идентификация экологических рисков с составлением итогового списка	28

Шаг 6.	Осуществление оценки выявленных экологических рисков	55
Шаг 7.	Проверка полученных результатов на релевантность с выявлением возможных ошибок	4
Шаг 8.	Расположение полученных экологических рисков оценки по приоритетности результатов	2

Такая оценка, в первую очередь, значима для распределения экологических рисков по приоритетам с последующим целенаправленным снижением уровня угроз. Оценка экологических рисков основывается на степени негативного влияния на окружающую природную среду в современной действительности и проведении многофакторного анализа данных по деятельности и технологическим особенностям промышленных предприятий.

Для формирования общей картины идентификации и оценки экологических рисков в контексте развития промышленного комплекса необходимо:

- Оценить базовые дефиниции идентификации и оценки экологических рисков в современных условиях на предприятиях.
- Провести оценку экологических рисков в эколого-экономической ситуации с учетом принципов устойчивого развития региона.
- Охарактеризовать особенности идентификации рисков, относящихся к экологическому развитию предприятия и его технологическому лидерству.
- Определить базовый алгоритм осуществления оценки экологических рисков.
- Сформировать фактор стандартизации оценки степени экологического риска в экономической деятельности.
- Определить проблемные аспекты осуществления оценки рисков.
- Сформировать основной итог по результатам оценки степени экологического риска.

Перед тем как подробнее рассмотреть связанные с оценкой рисков проблемы, представим смысловое наполнение соответствующих дефиниций.

Выявление (идентификация) риска: систематическое использование информации, позволяющее идентифицировать потенциальные источники опасности, относящиеся к вопросу о риске или описанию проблемы создания (внедрения) инноваций.

Оценка риска: сравнение предполагаемого риска для данных критериев риска, используя количественный или качественный подход, чтобы определить значение риска.

Выявление риска: систематическое использование информации, чтобы идентифицировать потенциальные источники опасности загрязнения окружающей среды промышленными предприятиями.

Риск-менеджмент: систематическое управление экологическими рисками, процедуры и методы рассмотрения риска.

Снижение риска: меры, предпринятые, чтобы уменьшить вероятность возникновения ущерба.

Обзор (мониторинг) риска: обзор или контроль результатов рассмотрения процесса риск-менеджмента.

Заинтересованное лицо в результатах оценки рисков: любой человек, группа или организация, которая может быть затронутой развитием риска. Лица, принимающие решения, также могут быть заинтересованными лицами.

Тенденция: статистический термин, обращающийся к процессам или уровню изменения переменной (ых).

Оценка степени риска: систематический процесс сбора информации о рисках в рамках осуществления риск-менеджмента. Оценка степени риска состоит из идентификации опасностей, анализа и оценки рисков.

Коммуникация по проблематике риска: обмен сведениями о риске и осуществлении риск-менеджмента между лицом, принимающим решения, и другими заинтересованными лицами.

Ключевое содержание базового понятия. Идентификация и оценка степени риска с использованием качественной методики подразумевает применение ряда методов, принципов, алгоритмов аналитических действий, позволяющих оценить экологические риски региона, ориентируясь на нечисловые параметры. В свою очередь, оценки степени экологического риска в рамках количественных методик осуществляются с применением ряда методов, принципов, алгоритмов аналитических действий, основанных на использовании чисел, где значения и пропорциональность значений осуществляются с учетом контекста оценки [90].

Оценка степени риска пытается ответить на следующие фундаментальные контрольные вопросы:

- Что может произойти и почему (выявление риска)?
- Каковы последствия негативного развития выявленных рисков в отношении загрязнения окружающей природной среды предприятиями в регионе?
- Какова вероятность возникновения рисков в обозримом будущем?
- Существуют ли какие-либо факторы, которые способны смягчить негативные последствия развития риска или которые уменьшают вероятность риска?
- Если уровень риска является приемлемым, то это требует дальнейших профилактических действий?

Значение оценки экологических рисков в деятельности промышленных предприятий региона. Оценка степени риска является важной аналитической технологией, которая имеет структурированный характер и гарантирует, что риски выявляются и оцениваются экономически выгодным способом. Несмотря на тот факт, что оценки экологических рисков не всегда отражают в фактических экономических показателях, тем не менее, они важны для учета косвенных факторов, влияющих на осуществление экономической деятельности предприятий.

Восприятие риска – важный элемент, который в значительной степени затрагивает весь процесс риск-менеджмента, включая анализ степени риска, оценку риска и отношения к рискам.

На практике чаще всего приходится иметь дело со сложными системами, в которых наличие взаимозависимостей означает неэффективность простых аналитических подходов и требует применения методов моделирования [112]. Кроме того, для улучшения отчетности в экологической сфере должностные лица нередко подменяют перечень социально-экономических индикаторов оценки экологической деятельности.

В ближайшее время необходимо провести оценку влияния различных дестабилизирующих факторов на эколого-экономическое развитие и изменения технологических факторов для предприятий в регионах Российской Федерации. Данные изменения должны проходить всестороннюю оценку: на уровне регионов, муниципалитетов и отдельных бизнесов. Не менее актуальный вопрос – интеграция создаваемых экологических решений в производственно-сбытовые цепочки с учетом фактора существования в таких цепочках системных рисков. Таким образом, будет осуществляться их постоянное взаимодействие, снизятся показатели по загрязнению природных сред и улучшится эколого-экономическая ситуация в регионе [102].

Особенности идентификации экологических рисков в производственно-хозяйственном комплексе региона. Идентификация первоначального перечня экологических рисков может вообще быть сделана на основе элементарных знаний предмета. Чаще всего для этого используют контрольные вопросы, разработанные на основе анализа экологических рисков предыдущих проектов.

Когнитивно полезно думать о рисках с точки зрения таких понятий, как «*риск для*» и «*риск от*». Чтобы определить смысловое наполнение «*риск для*» рассматривают затрагиваемые риском элементы системы управления экологическими рисками (цели, показатели, критерии оценки). Чтобы

определить «*риск от*» изучают детерминанты рисков (факторы, влияющие на развитие рисков, ресурсы, типичные отказы). Рассматриваемый подход приведет к довольно широкому списку потенциально неблагоприятных результатов, которые помогут в идентификации рисков.

До проведения оценки степени экологического риска желательно предпринять когнитивные усилия, чтобы идентифицировать экологические риски вне тех рутин, в которых их обычно рассматривают. Экологические риски могут нести значительные последствия, поэтому важна выработка методических положений по оценке рисков от деятельности промышленных предприятий в регионе.

Риски, которые очень маловероятны, но имеют высокие негативные последствия для развития технологий и укрепления технологического лидерства компаний, должны также быть идентифицированы и включены в итоговый отчет по осуществлению оценки. Упомянутое может даже включать идентификацию риска неизвестного – рассматриваемого при этом как потенциально возможный риск.

Мозговой штурм – общий метод, позволяющий идентифицировать необычные и редкие риски, а также риски, находящиеся на стадии возникновения в связи с развитием экологизации деятельности предприятий. Творческий подход включает широкий диапазон перспектив и стратегических направлений изучения рисков в области экологизации производственной деятельности. Тем самым возникает возможность избежать проблемных аспектов предвзятости, консервативного восприятия, формирующегося в связи с необходимостью достижения достойного качества жизни для населения регионов [123].

Качественный подход наиболее распространен при изучении рисков. Будучи самым простым для применения аналитическим инструментом оценки рисков, он включает в себя только вероятность негативного развития и оценку возможного воздействия. Однако для оценки экологических рисков в силу их

комплексного характера существующие методические подходы явно недостаточны и требуют дополнительных доработок.

Количественные методы требуют привлечения большего объема ресурсов и квалифицированного персонала, а также специализированного технического оборудования. Именно поэтому только средние и крупные компании могут позволить себе выделить больше ресурсов для применения этих методов в условиях устойчивого развития регионов.

В настоящее время в России нашла широкое распространение концепция экологизации производства в связи с организацией национального проекта «Экология», направленного на финансирование проблемных областей в части природоохранной деятельности, данные подходы касаются отдельных регионов. Национальный проект «Экология» позволяет финансировать решение экологических проблем из федерального бюджета страны.

Для формирования методических подходов, отвечающих новым требованиям, необходимо изучение зарубежного опыта. В частности, в отличие от доминирующей в США модели оценки риска, в рамках которой разделены оценка и управление, в канадской модели альтернативность выбора ставится на первое место [147]. Автору диссертации представляется, что именно канадский опыт в большей мере интересен для России.

Как свидетельствуют результаты осуществленных исследований, суждение и опыт – когнитивные инструменты чаще всего используются в анализе степени риска, в то время как структурированные методы, такие как метод Монте Карло или метод оценки воздействия риска, используются крайне редко [153]. В значительной степени такая ситуация обусловлена дефицитом необходимых знаний и компетенций. Экологические риски стоят обособленно и имеют решающее значение при реализации принципов устойчивого развития на региональном уровне за счет снижения негативного влияния промышленного сектора на окружающую природную среду.

В свою очередь, общий дефицит знаний в области риск-менеджмента

может быть следствием ограниченных ресурсов организаций, в числе которых на первом месте находятся время и денежные средства на повышение квалификации персонала. Приведенные выше факторы необходимо учитывать в рамках программ повышения эффективности методов экологической оценки рисков в природоохранной деятельности регионов.

Базовый алгоритм осуществления оценки рисков. Алгоритм состоит из представленной ниже последовательности шагов:

- Обоснование выбора методологии.
- Сбор данных.
- Изучение и подтверждение релевантности данных.
- Анализ полученных выводов.

Практически представленные выше шаги редко осуществляют линейно. Вместо этого на практике часто двигаются вперед-назад между задачами, такими как очистка методик после того, как некоторые данные были собраны. В течение процесса выполнения оценки собранные данные и доказательства должны быть тщательно изучены с учетом результатов предыдущих оценок уровня экологических рисков.

Экологические риски важны не только на региональном уровне, но и на уровне предприятий, поскольку снижение уровня влияния предприятий на окружающую природную среду экологизирует данную деятельность и решает ряд проблем природоохранного характера, в том числе и для самого предприятия. Риски должны тщательно идентифицироваться и моделироваться, что даст возможность контролировать результаты природоохранной деятельности и прогнозировать уровни экологических рисков в регионе и на предприятиях.

В выполнении эффективной оценки степени экологического риска важна надежность набора данных, потому что это определяет качество выводов. Необоснованные выводы и наличие ложных или спорных источников информации уменьшат степень достоверности результатов, что создаст

дополнительные ограничения для выбора эффективных решений. От надежности источников данных зависит полнота знаний о процессе и его ожидаемой (или неожиданной) изменчивости. Любая информация требует дополнительной проверки и обоснования, в первую очередь, это связано с рыночной неопределенностью и др.

Фактор стандартизации оценки степени риска в экономической деятельности. Отрасли промышленного сектора могут иметь определенную материальную выгоду от введения усовершенствованных стандартов оценки степени экологического риска. Использование стандартизации при оценке степени риска помогает лицам, принимающим решения, для концентрации внимания на более важных рисках.

Необходимо применять стандартизацию форм оценки экологических рисков, что позволит предприятиям прогнозировать затраты на возможные штрафы, а также в дальнейшем компенсировать ущерб, наносимый ими окружающей природной среде. Речь идет о документе, в котором излагаются ключевые характеристики экологических рисков, а также представлены соответствующие финансовые показатели при угрозе развития негативного сценария. Эффективные стандарты управления рисками в рамках экологизации деятельности промышленных предприятий должны основываться на результатах анализа действующих механизмов и учитывать особенности технологических процессов на производственном предприятии.

Проблемные аспекты осуществления оценки экологических рисков. Представляется значимым изучение в рассматриваемом контексте взаимосвязи проведения оценки рисков и последующего управления рисками. Вопросы исследования различных методов оценки степени риска часто обсуждаются экономистами и представителями других дисциплин, однако они рассматриваются зачастую формально, пренебрегая изучением сложных взаимосвязей, что усложняет формирование общего восприятия всего существующего комплекса угроз.

Сложно выбрать единственный «правильный» инструмент оценки степени риска, метод или модель, чтобы обеспечить объективный анализ, значимый для принятия эффективного управленческого решения. Оценка степени риска предназначена для того, чтобы логическим способом объединить данные и выбрать методы моделирования для проведения экспертизы предмета. Такой анализ позволит привести к выводам, которые дифференцируются среди всех вариантов решения и помогают лицу, принимающему решения, выбрать наиболее эффективные.

При неверной оценке рисков предприятие будет наносить существенный ущерб окружающей природной среде по всем возможными видам воздействия: сбросу сточных вод, загрязнению атмосферного воздуха, образованию и размещению отходов производственного и непроизводственного типа.

Выводы, полученные в результате этого процесса, способствуют принятию управленческих решений для сокращения или устранения риска. Чтобы определить вероятность будущего неблагоприятного случая, угрозы должны быть проанализированы и учитывать потенциальные слабые места в средствах управления экологической обстановкой в регионе. Важно понимать, что отчет об оценке степени риска – это не одно и то же, что отчет о результатах экологического аудита.

Перед началом осуществления идентификации и оценки экологических рисков необходимо проверить доступность и качество информации, которая может быть востребована в процессе аналитической деятельности. Кроме того, желательно выявить ограничения в получении данных, а также ожидаемые уровни неопределенности, таким образом, лица, принимающие решения, могут скорректировать свои ожидания относительно изучения связанных с управлением экологическим риском вопросов [20].

Для повышения объективности идентификации и оценки экологических рисков необходимо изучить альтернативные методические подходы.

Рассматривая каждый из возможных аналитических инструментов, лица, принимающие решения, и аналитики, которые поддерживают их, совместно разрабатывают подход, который является соответствующим существующему контексту для экологизации производственной деятельности.

Большинство специалистов утверждает: чтобы быть полезной оценка экологических рисков должна быть формально отделена от процессов управления рисками (в рамках которых необходимо делать выбор вариантов действий). Такой подход позволит избежать предвзятости в процессе формирования результатов оценки и при изучении значения стоимости производственных процессов на предприятии [169].

Качественные оценки степени экологического риска начинаются с четкого описания проблемы или формулировки сущностного вопроса. Когда рассматриваемый риск четко определен, соответствующий инструмент оценки экологических рисков, объем необходимых сведений становится проще определить. В рассматриваемом контексте часто полезны три фундаментальных контрольных вопроса:

1. Что может в процессе управления экологическими рисками на предприятии пойти не так, как планируется?
2. Какова вероятность возможных отклонений от планируемого?
3. Какими могут быть последствия возможных отклонений при отсутствии экологизации технологических процессов на предприятиях?

В условиях цифровой трансформации производства классические методологические подходы не способны поддержать аналитику осуществления оценки экологических рисков, позволяющую обнаружить и формализовать существующие и прогнозируемые взаимозависимости, а также понимать последствия возникновения барьеров при создании системы управления экологическим развитием производственных процессов в регионе [106], а также риски, связанные с этими барьерами. Из сказанного следует вывод о необходимости обновления аналитического инструментария оценки

экологизации производственной деятельности и связанных с этим рисков в период перехода к «цифровой» экономике.

Основной итог по результатам оценки степени экологического риска – количественная оценка экологического риска или качественное описание диапазона значимых показателей для организации природоохранной деятельности промышленных предприятий. Когда риск выражен количественно, используется числовая вероятность. Альтернативно, риск может быть выражен, используя качественные показатели, такие как «высокий», «средний» или «низкий». Качественные показатели должны быть определены насколько возможно детализированно, чтобы можно было перепроверить полученные результаты.

Перед началом внедрения на муниципальном и региональном уровнях практик по оценке экологического риска надо учитывать существующие стандарты и средства управления для повышения эффективности в вопросах сокращения риска от известных и потенциальных угроз, а также идентифицировать, классифицировать, оценить и расположить рассматриваемые угрозы по приоритетам. Ориентация на применение инструментов оценки экологических рисков в экономическом отношении позволяет использовать широкий диапазон имеющихся средств.

Дополнительный акцент касается аддитивности: укрепление взаимодействия и коммуникации между внутренними и внешними заинтересованными лицами, культивирование сетей управления экологическими рисками, которые являются неофициальными, доступность и прозрачность информации в пределах организации и в рамках региона для оценки его эколого-экономической обстановки.

При этом, с точки зрения автора настоящей диссертации, риски могут быть оценены с использованием двух измерений:

- Потенциальное воздействие на *качество* окружающей природной среды в регионе и его поддержание для настоящих и будущих поколений.

- Вероятность, что возможные опасности и уязвимости могут поставить экологическую ситуацию в регионе под угрозу.

Еще один аспект практического применения результатов оценки экологических рисков – балансирование затрат и выгод с целью повышения эффективности процессов принятия решений.

Модель экологических рисков представляет из себя комплекс взаимосвязанных элементов и факторов, которые в совокупности влияют на эколого-экономическое состояние региона и их взаимодействие между собой дает возможность скорректировать деятельность по эколого-экономическому развитию региона (рис. 6). Важную роль в данном случае играет промышленный сектор, так как он оказывает большое влияние на загрязнение окружающей природной среды.



Рис. 6. Элементы и факторы устойчивого развития региона (разработано автором)

Представленные эффекты позволяют достичь принципов устойчивого развития региона и контролировать экологические риски в реальном секторе

экономики. Промышленные предприятия в регионах Российской Федерации оказывают значительное влияние на загрязнение окружающей среды и на эколого-экономическую обстановку в регионе. Инструменты управления окружающей средой и нормативно-правовое регулирование позволят контролировать в будущем эколого-экономическую ситуацию.

Органы государственной власти и местного самоуправления позволят регулировать эколого-экономическую деятельность в регионе и обеспечивать населению достойное качество жизни, согласно целям устойчивого развития.

Таким образом, в рамках региона данная модель экологических рисков может быть использована для Курганской области, она будет выглядеть следующим образом (рис. 7).



Рис. 7. Качественная оценка экологических рисков для Курганской области (разработано автором)

При проведении качественной оценки для Курганской области выявлен высокий уровень экологического риска, так как в регионе отмечено более 50 предприятий различных отраслей промышленности, преобладают отрасли

машиностроения и металлообработки, при используемых ими технологиях характерно существенное загрязнение атмосферного воздуха, что наблюдается в регионе на протяжении последних 5 лет. Сложившуюся ситуацию необходимо корректировать с помощью применения эколого-экономических инструментов управления окружающей природной средой и постоянной диагностики экологических рисков на региональном уровне.

Таким образом, оценка и моделирование экологических рисков даст возможность определить и прогнозировать негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую природную среду в регионе, что позволит также определять потенциально экологически опасные направления и корректировать данную деятельность. Органы государственной власти и местного самоуправления должны осуществлять не только контроль, но и корректировку деятельности промышленных предприятий, что позволит экологизировать отрасли промышленности и сократить экологическую нагрузку на регионы Российской Федерации. Экологизация промышленности обеспечивает устойчивое развитие региона и выполнение эколого-экономических целей, а также достойное качество жизни населения.

2.2. Исследование особенностей и структуры экологических рисков для промышленных предприятий региона

Экологизация производственной деятельности позволяет снизить экологические риски в регионе и сформировать их особенности для промышленных предприятий региона. Экологизация является важным направлением и позволяет снизить не только эколого-экономическое воздействие, но и социальную напряженность.

Ниже представлена логическая схема рассмотрения заявленной проблематики [17]:

- Необходимость определения структуры экологических рисков как на уровне предприятий, так и на региональном уровне.

- Тренды изменения структуры экологических рисков на уровне промышленного предприятия и на региональном уровне.

- Особенности методов структурирования экологических рисков в контексте формирования благоприятной окружающей природной среды.

- Учет структуры экологических рисков в условиях постоянного негативного воздействия промышленных предприятий на окружающую природную среду.

- Организация проверки эффективности управления структурой рисков в эколого-экономической деятельности предприятий.

- Использование принципа практичности в применении знаний о структуре внешних и внутренних экологических рисков региона.

- Организация сбора данных, необходимых для структурирования рисков, по предприятиям региона, связанным с экологическими рисками.

- Направления изучения структуры экологических рисков в современных условиях хозяйствования.

Необходимость определения структуры экологических рисков в современных условиях хозяйствования промышленного комплекса.

Изменение технологических процессов и экологизация производства способствуют трансформации структуры рисков природоохранной деятельности в современных условиях. Таким образом, изменение технологических процессов позволяет структурировать производственную деятельность и экологизировать ее, что существенно снизит неопределенность происходящих событий, в том числе экологические риски.

Анализ структуры экологических рисков необходимо осуществлять на системной основе и регулярно, поскольку от этого зависят установление приоритетов рисков и меры по управлению экологическими рисками – идентификация, оценка и принятие профилактических мер. Такой подход позволяет минимизировать, контролировать, и управлять вероятностью (и/или воздействием) неудачных вариантов развития ситуаций.

В частности, идентификация и оценка должны использоваться, чтобы управлять различными источниками концентрации риска. Процессы экологизации как раз и способствуют определению такой концентрации новых рисков в нематериальной сфере, в частности, влияя на эколого-экономическую ситуацию в регионах Российской Федерации.

Формализация экологического риска не должна быть чрезмерно сложной, неоднозначной или субъективной. Для определенных экологических рисков могут быть применены особые алгоритмы оценки, позволяющие обеспечить формирование статистических моделей с высокой степенью вероятности.

Одной из важнейших характеристик изменения структуры экологических рисков в деятельности организации должна быть адаптируемость. Принцип адаптируемости включает действия риск-менеджмента в сфере разработки стратегии продвижения экологически ориентированных решений.

Основные экологические риски промышленных предприятий представлены на рисунке 8.



Рис. 8. Основные экологические риски промышленных предприятий

Реальное конкурентоспособное преимущество возникает при адаптации на предприятии экологических рисков к изменениям в регионе и адаптации к изменяющимся эколого-экономическим условиям. Адаптация позволяет организации приспособиться и использовать в своих интересах появляющиеся риски. Для изменений в технологическом процессе должно быть обоснование, связанное с природоохранной деятельностью и необходимостью снижения экологических рисков на предприятиях.

Определение структуры существующих и возможных экологических рисков является начальным этапом в большинстве процессов и классификаций управления рисками [168]. Одна из наиболее распространенных ошибок в анализе структуры экологических рисков – непроведение комплексного обследования технологических процессов и отсутствие определения узких мест в структуре рисков на основе экологизированного подхода. Предприятия могут внедрять стандартизированные наилучшие доступные технологии, которые позволят снизить негативное влияние на регион и улучшить в нем эколого-экономическую обстановку.

Промышленный сектор, являясь основой экономического развития страны, остается ключевым источником негативного влияния на окружающую природную среду. Масштаб экологических рисков определяется, исходя из интенсивности производственных процессов и уровня технологической зрелости отраслей экономики.

Согласно программе ООН по окружающей природной среде, на промышленный сектор в мире приходится около 35% глобальных выбросов парниковых газов, при этом 60% из них формируется отраслью металлургии, химической промышленности и энергетики. В России, где промышленный комплекс формирует 28% ВВП страны, экологическая нагрузка усугубляется за счет высокой доли устаревшего оборудования, что повышает риски аварий на производстве, образования большого количества отходов и неэффективного ресурсопотребления.

Среди главных проблем и тенденций последних лет можно выделить следующие:

1. Изменение климата и декарбонизация.

- Промышленный сектор остается основным источником образования CO₂ и других парниковых газов, влияющих на глобальное потепление.

- В настоящее время увеличивается давление на компании со стороны государства для перехода на циркулярную экономику и повышается энергоэффективность. Развитие «зеленых» технологий способствует снижению удельных экологических рисков, однако сопряжено с высокими инвестициями и институциональными преобразованиями.

1. Загрязнение окружающей природной среды.

- Выбросы токсичных веществ в атмосферу, сброс промышленных стоков, накопление тяжелых металлов и химикатов. Рост количества пластика и микропластика.

- Ужесточение законодательства по части обращения с отходами, производства определенных видов продукции, усиления ESG-требований.

2. Образование и накопление больших объемов загрязнений.

- Развитие рециклинга и ужесточение международных стандартов по части минимизации отходов. Внедрение замкнутых циклов производства.

3. Ресурсный дефицит.

- Исчерпание ресурсов предлагается компенсировать за счет развития экономики замкнутого цикла.

4. Социальное давление со стороны общества и репутационные риски компании.

Негативные последствия для окружающей среды от производственной деятельности промышленных предприятий не всегда пропорциональны их мощности и масштабности, что может быть связано со способностями экосистем адаптироваться к изменяющимся условиям и их самоорганизацией.

Для того чтобы проводить оценку и строить прогноз наступления экологических рисков, необходимо знать их классификацию, методы, оценивания вероятности наступления неблагоприятного события, понимать механизмы воздействия предприятия на окружающую природную среду, а также факторы и причины, вызывающие последствия.

Учитывая, что разнообразие экологических угроз связано с промышленной деятельностью, систематизация рисков по ключевым направлениям или признакам позволяет не только их структурировать для более репрезентативного анализа, но и разработать адресные меры по их минимизации. Например, разделение их по степени распространения позволяет определить масштаб последствий – выбросы углекислого газа от деятельности металлургических предприятий носят глобальный характер, в то время как разлив нефти в Ханты-Мансийском Автономном Округе может иметь локальный, хоть и с катастрофическим воздействием. Характер проявления транслирует временной промежуток рисков – постоянные выбросы химических веществ на заводах в Дзержинске будут отличаться от аварийных сценариев на объектах инфраструктуры с оборудованием высокой степени износа (ТЭЦ в Норильске). Классификация по уровню воздействия необходима для проведения оценки последствий.

Такой подход позволяет обеспечить основу для интеграции методов оценки, мониторинга, прогнозирования и управления рисками. На рисунке 9 представлена обобщённая классификация экологических рисков, а в таблице 5 – классификация экологических рисков, обусловленных воздействием промышленного сектора.

Степень распространения

- глобальная;
- региональная;
- локальная.

Уровень управления

- управляемые;
- не управляемые.

Характер проявления

- перманентные;
- аварийные.

Уровень воздействия техногенных систем на окружающую природную среду и здоровье населения

- индивидуальные;
- популяционные;
- экологические.

Разделение по реципиентам воздействия на окружающую природную среду

- здоровье человека;
- экосистемы;
- риск потери природного ресурсного потенциала;
- деградации или разрушения ландшафта.

По степени влияния на жизнедеятельность человека

- пренебрежимый (влияние незначительно, меры принимать не следует);
- приемлемый (влияние значимо, следует применять меры контроля и защиты);
- чрезмерный (влияние катастрофично, любая деятельность не допускается).

Рис. 9. Классификация экологических рисков

Таблица 5. Классификация экологических рисков, обусловленных воздействием промышленного сектора [50]

№	Категория риска	Характеристика	Примеры воздействия	Уровень опасности	Меры минимизации
1	Загрязнение атмосферы	Выбросы токсичных веществ, парниковых газов (CO ₂ , CH ₄ , NO _x), твердых частиц (PM2.5, PM10)	1.Металлургия: выбросы SO ₂ и свинца (Челябинск, Норильск). 2.Химическая промышленность: эмиссия летучих органических соединений (Пермский край). 3. Нефтегазовый сектор: утечка метана (ЯНАО). 4. Цементная промышленность: высокие выбросы CO ₂ – 5% от общего объема выбросов углекислого газа в России.	Высокий	Внедрение автоматических телеметрических систем выбросов вредных веществ в атмосферный воздух, использование наилучших доступных технологий, возобновляемых источников энергии, биотоплива.
2	Загрязнение водных ресурсов	Сброс неочищенных стоков с тяжелыми металлами, нефтепродуктами, фенолами	1.Горнодобывающая отрасль: кислотные стоки (Урал). 2.Целлюлозно-бумажное производство: хлорорганические соединения (Иркутская область). 3. Отрасль металлургии может влиять на тепловое загрязнение рек, что приведет к повышению температуры воды и сокращению биоразнообразия. 4. Сельское хозяйство – стоки пестицидов.	Высокий (трансграничный риск)	Внедрение систем замкнутого водоснабжения, использование передовых технологий по очистке стоков, введение для предприятий запрета на использование токсичных реагентов.
3	Деградация почв	Накопление токсинов, эрозия, засоление, потеря плодородных свойств. Эффект от риска долгосрочный, кумулятивный	1.Отрасль судостроения выделяет большой объем загрязнений в окружающую среду – свинца (Приморский край). 2.В секторе горнодобывающей промышленности высок риск превышения содержания мышьяка в хвостохранилищах, например в Кемеровской области при ПДК 2 мг/кг выделяется 50 мг/кг. 3. Некоторые предприятия используют в пищевой промышленности фосфатные удобрения, что приводит к деградации земельного ресурса. 4. Захоронение отходов и их неправильная утилизация загрязняют токсичными веществами почвенный покров и выводят их из хозяйственного оборота.	Средний (локальный характер, долгосрочный риск)	Рекультивация земель, применение метода фитостабилизации, проведение дополнительной независимой экспертизы проектов.

Продолжение таблицы 5

4	Накопление отходов	Образование и накопление большого объема отходов, образование токсичных неразлагаемых отходов, промышленного мусора	1.Сектор электроники образует свыше 200 тыс. тонн электронных отходов в год, которые содержат в 100 раз больше допустимой нормы свинца. 2.Авиационная промышленность производит до 80% не перерабатываемых отходов. 3.Автомобильные концерны в России направляют на захоронение до 70% шин. 4.Загрязнение подземных вод кадмием и мышьяком.	Высокий (глобальный)	Развитие принципов экономики замкнутого цикла, использование вторичного сырья в производстве, создание заводов по утилизации отходов, использование ресурсосберегающих технологий.
5	Климатические риски	Выбросы парниковых газов, влияние на глобальное потепление	1.Цементная промышленность осуществляет около 8% выбросов CO ₂ . 2.Вырубка лесов под строительство объектов инфраструктуры промышленного предприятия – снижение уровня поглощения CO ₂ . 3.ИТ-сектор – около 1% мирового энергопотребления.	Высокий (глобальный)	Использование «зеленых» технологий, установка систем реагирования на аварийные ситуации, повышение энергоэффективности.
6	Социально-экологические конфликты	Возникновение конфликтов и противоречий между предприятиями и населением из-за возможного экологического ущерба	1.Протесты со стороны населения против строительства промышленных предприятий, а также против реализации ими проектов по эксплуатации мусоросжигательных или перерабатывающих заводов. 2.Конфликты из-за загрязнения почв/атмосферы/воды. Судебные тяжбы (в Челябинской области было подано 5 судебных исков со стороны населения против предприятия, загрязняющего воду).	Средний	Повышение экологической осознанности, проведение публичных слушаний, выплаты компенсаций, независимый мониторинг.

Вне зависимости от характера возникновения источника опасности результатом его проявления будет ущерб, который наносится окружающей природной среде и населению. В данном случае при реализации каких-либо проектов или деятельности на промышленных предприятиях необходимо произвести оценку экологических рисков.

Под оценкой экологического риска понимается проведение научной оценки вероятности наступления неблагоприятного события, вызывающего изменения обратимого или необратимого характера в функциях экосистем.

Проведение оценки вероятности наступления события имеет свою структуру (рис.10).

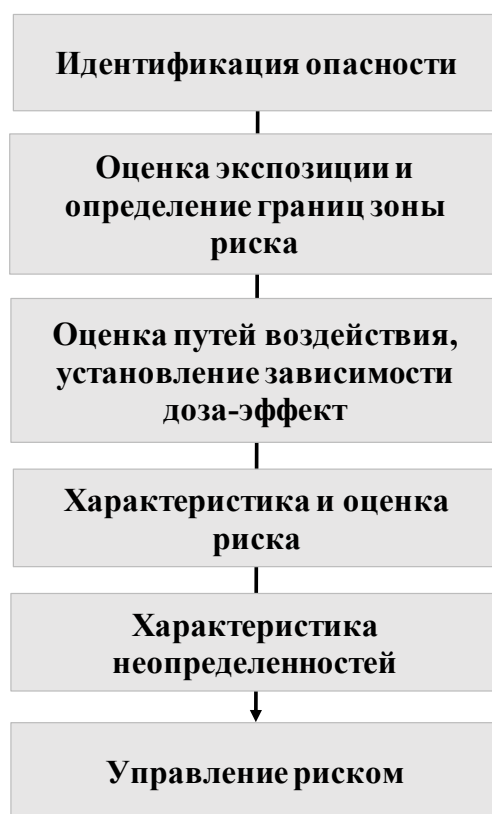


Рис. 10. Универсальный алгоритм оценки риска [50]

При проведении оценки определяются задачи, формулируются цели, схемы последующего анализа и составляется характеристика риска.

На данном этапе обобщается вся собранная информация, касающаяся экологического проекта: данные по экосистеме, возможные источники

загрязнения, какова их предполагаемая интенсивность, частота воздействия, продолжительность, в какой период жизненного цикла продукта может произойти воздействие, потенциальный масштаб и способы его распространения.

Процесс характеристики и оценки риска включает в себя несколько методов, поскольку для каждого типа риска подходит свой способ проведения оценки, однако всем им присущие общие принципы и подходы.

Методы оценки рисков можно разделить на три большие группы: количественные, качественные и смешанные. Их классификация представлена на рисунке 11.



Рис. 11. Общая классификация методов
оценки экологических рисков

Количественные группы методов включают в себя методы статистического анализа, математического, детерминированного, стохастического, имитационного моделирования и прогнозирования.

К качественной группе относятся методы экспертной оценки, контрольные списки, матрицы рисков, SWOT-анализ.

Смешанная группа представляет собой методы, объединяющие качественные и количественные методики.

Рассмотрим подробнее некоторые из методов оценки экологических рисков [50]:

1. Метод Монте-Карло. Представляет собой количественную оценку, основанную на вероятном моделировании процессов и событий.

Ключевым преимуществом данного метода является учет неопределенности исходных параметров, характерных для многих проектов, сопряженных с экологическими задачами. Недостатком является сложность в проведении многоэтапных расчетов, требующих больших временных затрат и ресурсов.

Метод предполагает проведение многократного численного эксперимента, в ходе которого входные данные задаются в виде распределения вероятностей. Для промышленных предприятий при проведении оценки вероятности наступления экологических рисков метод позволяет количественно оценить неопределенности, которые связаны с производственными процессами и их влиянием на окружающую природную среду.

Этапы проведения оценки через построение модели:

Определение ключевых параметров и данных, их распределение.

Установление цели и границ выбранной модели, выбор рисков для оценивания (вероятность аварийных ситуаций на производстве, возможность загрязнения грунтовых вод, накопление токсинов в почве, накопление неперерабатываемых отходов).

Границы модели: пространственные (зона влияния предприятия – 1/5/10 км и т.д.); временные (краткосрочное и долгосрочное воздействие); нормативные показатели.

Идентификация ключевых параметров и их неопределенности.

Выбор переменных, которые имеют влияние на риск. Например: объем выбросов, скорость ветра, частота аварий, коэффициенты абсорбции почвы и т.д.

Построение математической модели вероятности наступления события.

Выбирается и разрабатывается детерминированная модель, которая описывает процесс распространения загрязнений.

Генерирование случайных сценариев.

Генерировать сценарии можно с помощью расчетов в таблице Excel (рис. 12), Python, Crystal Ball и т.п. Например, объем образующихся отходов за исследуемый период или объем концентрации загрязнителя в точке приема, или стоимость реализации проекта.

1	СЛЧИС()*(90%-1%)+1%											
2	С											
3	Стоимость проекта исходное 2 млрд											
4	в рублях											
5	1 975 828 505,1	1 476 392 051,0	855 395 887,0	168 844 898,5	112 545 742,5	138 290 773,5	1 074 040 559,9	1 247 401 028,5	516 437 211,0	114 716 091,3	1 901 649 305,7	
6	285 765 107,9	1 756 959 171,9	1 192 130 673,4	711 181 530,2	754 389 136,8	1 269 903 863,4	969 857 572,0	821 084 561,9	316 038 982,5	1 815 736 750,2	720 543 799,6	
7	868 284 192,7	879 660 699,8	1 143 869 547,7	1 930 332 168,1	1 425 905 169,4	137 814 120,4	411 339 852,8	873 158 374,2	1 454 620 415,5	790 765 398,6	930 130 464,2	
8	1 360 038 626,0	671 626 020,7	948 860 540,9	629 009 182,8	1 418 780 981,7	821 903 249,1	678 063 791,5	1 319 551 028,7	1 874 328 941,8	976 237 461,1	1 298 163 449,6	
9	963 788 617,3	1 563 013 610,3	499 619 671,5	1 574 394 058,2	1 515 919 206,1	579 925 575,1	1 895 725 897,0	1 786 791 615,9	870 388 625,4	93 283 056,8	109 461 669,4	
10	1 135 560 658,4	599 260 505,0	1 862 834 480,0	1 047 867 105,8	972 065 192,9	297 768 629,5	1 307 726 096,4	1 795 438 345,1	1 289 093 610,6	1 151 246 042,8	1 714 362 794,4	
11	1 947 970 148,2	1 414 906 737,5	1 862 587 886,7	1 222 079 285,1	1 344 129 724,1	365 437 764,0	124 761 092,4	1 367 002 321,1	1 777 179 084,7	1 365 439 832,8	1 206 270 316,6	
12	372 461 567,7	1 124 106 290,9	569 358 635,2	1 068 333 239,1	174 567 882,4	588 631 604,9	437 180 916,9	771 051 893,5	54 273 674,2	1 780 057 854,9	1 632 283 807,6	
13	913 774 985,1	1 173 414 028,9	503 125 026,7	370 840 705,4	1 569 180 005,5	714 302 937,0	552 170 711,2	210 146 408,9	1 821 666 284,4	845 161 619,4	1 435 724 488,9	
14	1 130 043 997,4	621 150 400,2	1 296 457 566,9	326 668 892,4	1 378 572 506,9	44 023 444,3	480 602 325,0	632 962 558,8	422 441 207,4	522 771 877,0	110 267 491,8	
15	1 153 906 563,3	123 407 594,4	493 794 741,7	1 653 461 024,6	1 807 202 621,9	1 350 473 741,9	348 021 679,2	1 694 010 719,5	1 193 870 357,5	1 311 436 675,4	799 369 381,0	
16	173 810 904,1	1 891 183 392,4	1 733 916 870,9	1 050 352 936,8	683 636 100,8	459 289 062,5	1 493 498 933,5	1 870 031 648,4	329 225 869,7	1 752 398 324,3	503 655 514,4	
17	393 858 399,4	103 413 817,4	168 367 567,3	280 022 741,2	1 037 885 392,4	915 301 840,4	72 926 301,7	666 699 915,7	710 464 483,7	867 492 667,0	1 376 790 958,9	
18	1 944 386 583,1	348 327 657,2	1 756 032 433,0	1 190 826 521,3	52 860 923,3	1 762 707 209,3	1 541 068 577,5	1 678 380 875,1	544 439 325,8	839 126 532,0	210 662 593,8	
19	1 002 809 426,3	1 667 867 938,0	185 205 471,8	1 723 566 312,9	1 845 694 446,2	1 108 358 445,8	843 218 627,6	142 557 527,6	899 792 614,3	1 840 645 918,4	1 539 333 094,9	
20	1 211 683 671,2	171 839 999,0	581 947 295,2	736 761 463,3	194 307 267,7	999 774 481,4	349 245 600,9	1 953 459 355,1	1 669 908 921,7	255 659 000,8	270 879 112,8	
21	480 713 494,5	499 430 899,0	756 328 882,4	1 879 930 954,8	1 886 521 197,0	1 128 274 593,6	1 641 085 659,2	725 518 917,8	1 793 836 518,0	1 891 104 910,2	350 056 393,8	
22	368 755 496,0	1 628 443 379,3	966 263 766,6	1 815 533 740,4	740 473 589,7	1 832 957 265,4	1 559 506 735,1	1 610 705 412,9	1 090 714 151,1	1 702 654 836,4	1 334 102 081,0	
23	906 466 649,5	1 220 192 716,9	1 127 326 166,6	1 071 010 440,4	52 939 188,2	1 169 174 801,9	838 877 498,8	1 911 667 347,1	452 305 218,4	769 802 475,6	1 907 814 951,5	
24	1 799 744 876,7	461 684 401,4	1 417 095 809,5	1 347 961 343,4	1 779 167 891,0	1 292 441 567,2	959 760 459,0	959 108 500,5	689 613 042,6	1 278 104 626,9	1 077 129 531,2	
25	696 176 676,9	908 238 490,1	460 060 066,7	451 121 327,6	1 891 173 265,1	327 159 262,1	955 197 575,8	1 625 321 181,0	205 583 791,4	1 797 558 757,5	1 557 056 511,1	
26	1 377 732 543,4	768 339 891,8	534 769 583,5	1 917 270 573,8	448 189 216,5	321 176 118,4	1 792 773 967,2	1 210 842 007,8	1 085 145 048,2	753 331 035,4	1 058 497 116,9	

Рис. 12. Пример технической генерации чисел для построения диаграммы в Excel

На рисунке 13 представлены данные временного промежутка в 10 лет. Для расчета можно взять наибольший временной период. Чем больший диапазон будет учтен, тем более репрезентативные данные будут получены.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
80	B										
81	Вероятность организации замкнутого цикла очистки воды 72%										
82	6,80%	30,66%	36,05%	5,97%	21,75%	49,22%	26,62%	6,51%	63,75%	35,30%	74,59%
83	48,41%	7,21%	13,62%	49,40%	31,74%	71,17%	4,59%	40,05%	15,52%	53,80%	59,70%
84	73,01%	73,18%	15,67%	32,67%	18,72%	40,62%	24,87%	56,81%	56,70%	32,02%	40,88%
85	65,36%	1,53%	30,49%	30,62%	71,06%	24,30%	53,50%	60,74%	39,12%	30,44%	18,20%
86	18,13%	15,78%	32,28%	59,85%	69,01%	1,10%	50,77%	32,87%	5,27%	70,89%	1,75%
87	72,78%	16,77%	2,88%	74,59%	69,82%	10,03%	4,77%	13,30%	70,40%	36,96%	45,98%
88	57,13%	21,64%	6,73%	46,74%	45,30%	64,50%	33,17%	40,56%	23,64%	71,90%	61,22%
89	41,71%	71,44%	64,18%	57,04%	18,91%	34,09%	2,69%	72,86%	17,51%	60,93%	7,66%
90	7,87%	60,22%	18,84%	31,29%	48,32%	19,88%	25,66%	34,61%	16,32%	15,13%	65,34%
91	64,56%	8,77%	1,42%	61,37%	4,90%	25,06%	65,25%	12,21%	3,42%	10,10%	27,30%
92	48,93%	14,33%	6,52%	51,32%	63,37%	66,73%	36,63%	20,60%	63,14%	62,61%	23,12%
93	8,52%	71,24%	60,31%	17,45%	8,50%	51,40%	9,53%	22,08%	41,61%	23,61%	69,69%
94	25,55%	11,87%	20,74%	49,97%	55,49%	63,02%	52,93%	2,73%	59,46%	54,15%	4,74%
95	63,52%	1,35%	31,06%	72,88%	70,77%	52,10%	3,30%	61,63%	49,18%	64,27%	26,52%
96	62,92%	14,78%	29,35%	61,18%	68,02%	66,30%	22,84%	36,75%	73,81%	52,19%	41,37%
97	51,75%	14,71%	28,17%	34,57%	64,82%	19,02%	60,32%	12,70%	62,43%	48,41%	6,81%
98	21,11%	54,73%	5,79%	18,22%	48,52%	43,27%	70,75%	20,78%	38,30%	52,54%	40,48%
99	17,89%	57,27%	41,11%	52,96%	35,36%	25,68%	45,12%	19,86%	74,48%	13,90%	60,42%
100	9,42%	15,98%	26,75%	18,25%	42,23%	4,47%	55,33%	64,37%	55,21%	45,60%	41,14%
101	53,98%	1,36%	9,37%	68,05%	47,79%	14,02%	14,82%	60,76%	14,18%	14,30%	56,33%
102	68,45%	4,59%	41,82%	40,72%	24,99%	29,26%	42,74%	64,79%	43,85%	67,98%	7,87%
103	13,06%	68,31%	66,51%	24,47%	40,36%	30,01%	69,43%	47,51%	55,77%	68,96%	16,05%

Рис. 13. Пример технической генерации чисел на вероятность организации на производстве замкнутого цикла очистки воды

Интерпретация полученных результатов.

Интерпретация результатов может производиться несколькими способами: через проведение оценки реалистичности полученных сценариев или сравнение фактических результатов с результатами за прошлый период, а также путем проведения экспертной оценки полученных данных и установления связи риска с потенциальными убытками [50].

Оценка проводится графическим методом через построение гистограмм и диаграмм, что позволяет наглядно оценить результаты и возможности реализации проекта (рис. 14).

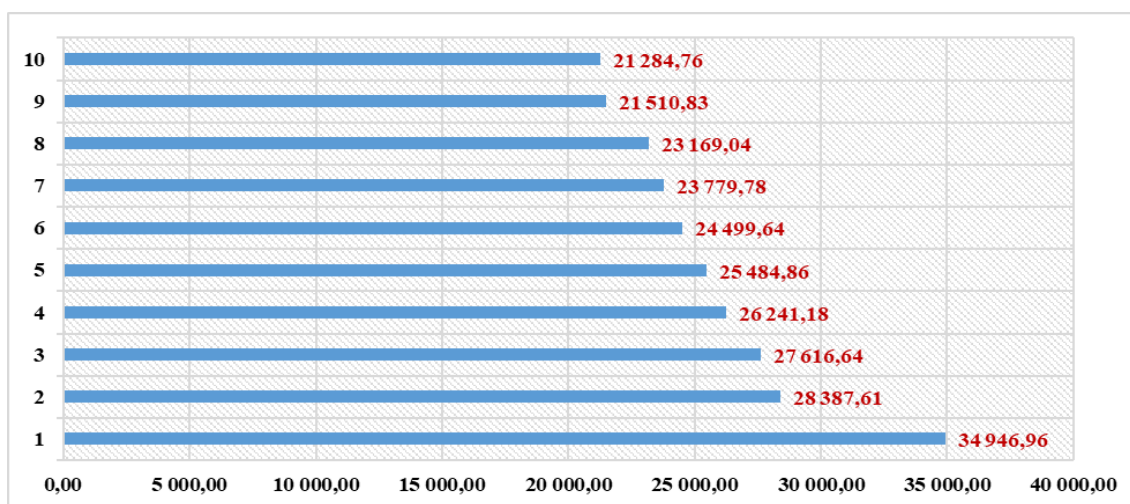


Рис. 14. Пример графической интерпретации данных: количество очищенных объемов воды за 10 лет применения технологии на производстве

Представление результатов и составление выводов по исследованию.

На данном этапе оценивается успешность процесса или проекта, выделяются риски по нему, что впоследствии позволит подобрать мероприятия по их минимизации и разработать подходы к управлению ими и своевременному их мониторингу.

Соответственно, подводя итог, отметим, что под методом Монте-Карло понимается многократное проведение числового эксперимента, в процессе которого входные данные задаются в виде вероятностей, отражающих естественные колебания или возможные ошибки измерений.

Методика широко применяется при прогнозе и анализе последствий аварийных ситуаций на производстве, возможных токсичных выбросов, прогнозировании распространения токсичных веществ в природной среде, расчете экономической эффективности проекта и уровня совокупного воздействия риска на здоровье населения региона. Важным фактором при проведении исследования являются надежные статистические данные и наличие вычислительных ресурсов, что позволит обеспечить высокую

информативность и адаптивность при моделировании сложных экологических систем.

2. Другим перспективным инструментом оценки является **индексный метод**, который строится на разработке и применении обобщающих показателей (индексов), отражающих уровень экологического риска или степень загрязнения.

Индексный метод может применяться на любом промышленном предприятии, в особенности, если планируется внедрение «зеленых» технологий и развитие «зеленого» производства. Виды индексных методов представлены на рисунке 15.

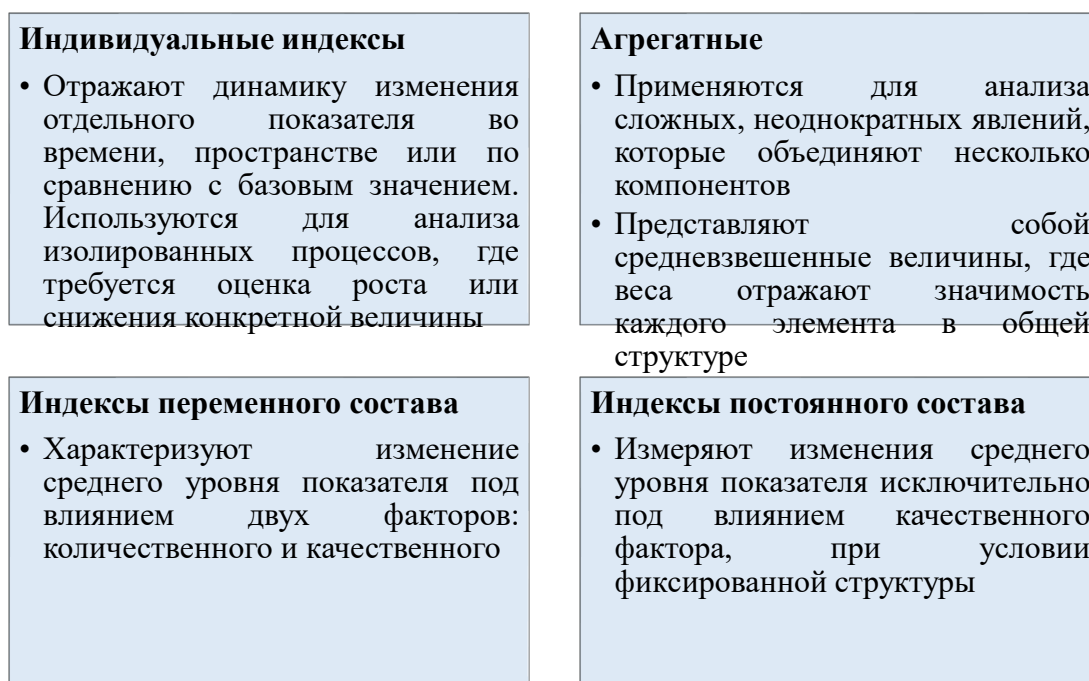


Рис.15. Виды индексных методов [50]

Рассмотрим формулы расчета индексов:

Индивидуальный индекс:

$$I_n = \frac{P_n}{P_0}, \quad (7)$$

где

P – цена;

n – отчетный период;

0 – базисный период.

Агрегатный индекс:

$$I_a = \frac{\sum(P_n \times Q_n)}{\sum(P_0 \times Q_n)}, \quad (8)$$

где

Q – количество;

P – цена;

n – отчетный период;

0 – базисный период.

Индекса переменного состава:

$$I_{\text{пер}} = \frac{\bar{y}_1}{\bar{y}_0} = \frac{\sum y_1 \times d_1}{\sum y_0 \times d_0}, \quad (9)$$

где

$\bar{y}_1, \bar{y}_0$ – средние значения показателя в отчетном и базисном периодах;

y_1, y_0 – индивидуальные значения показателя;

d_1, d_0 – доли единиц совокупности (веса) в отчетном и базисном периодах.

Индекс постоянного состава:

$$I_{\text{пост}} = \frac{\sum(y_1 \times d_1)}{\sum(y_0 \times d_1)} \quad (10)$$

Преимуществом данного метода является возможность использования разнородных и несоизмеримых величин через приведение их к единому измерению для их сравнения, а также выявления тенденций и анализа влияния различных факторов на исследуемый показатель. Кроме того, использование данного метода позволяет анализировать воздействие отдельных факторов на изменения результативных показателей. Еще одним преимуществом будет простота расчета.

Индексный метод чаще всего используется при проведении сравнительного анализа регионов или предприятий при выявлении динамики изменений загрязнения атмосферы, водных ресурсов, почв, а также служат

инструментом принятия решений в рамках комплексного экологического мониторинга.

Важно при проведении расчетов учитывать корректность выбранных данных, весов и шкал нормализации, так как они напрямую влияют на получаемый результат [50].

3. Матрица рисков – инструмент качественного анализа, который представляет собой двумерную шкалу, на которой ось абсцисс отражает вероятность наступления экологически неблагоприятного события, а ось ординат – тяжесть его последствий. Цветовая схема визуализирует приоритетность рисков (красный – высокий, желтый – средний, зеленый – низкий). Ячейки рисков содержат в себе сведения идентифицированных угроз с соответствующими оценками. Матрица в упрощённом варианте представлена на рисунке 16.

Классификация рисков в данной матрице осуществляется по заранее определенным параметрам, что позволяет экспертам использовать данный инструмент для экспресс-анализа.

Матрицу рисков используют при предварительном анализе проектов, при составлении плана производственного процесса, а также при разработке природоохранных мероприятий и при прохождении процедур экологической сертификации.

Например, на металлургическом предприятии одним из выделенных рисков может быть аварийный выброс диоксида серы в атмосферу. В данном случае необходимо провести мониторинг, собрать данные по аналогичным инцидентам и на основе анализа установить вероятность наступления данного события, а также уровень последствия. Матрица риска позволит определить его категорию и, исходя из этого, разработать план мероприятий по снижению вероятности возникновения аварий и повышению качества систем реагирования.

К слабым сторонам данного метода относится субъективность полученных результатов исследования, так как они завязаны на экспертных оценках и не подкрепляются объективными числовыми расчетами. При этом он может быть полезен на первоначальных этапах реализации проектов или при дефиците количественной информации.

Структура построения матрицы [50]:

Этап 1. Идентификация потенциальных экологических рисков, возникающих в результате деятельности предприятия.

Этап 2. Определение критериев оценки. Разработка шкалы для оценки вероятности и воздействия под специфику предприятия.

Шкала оценки вероятности наступления риска представлена в таблице 6.

Таблица 6. Шкала оценки вероятности наступления риска

Категория	Условное обозначение	Вероятность наступления события	Воздействие
Критическая	5	83-100%	Глобальное
Очень высокая	4	62%-82%	Национальное, длительное
Высокая	3	42%-61%	Национальное
Средняя	2	22-41%	Региональное
Низкая	1	0-21%	Локальное

Критически важно адаптировать каждый показатель воздействия к различным аспектам предприятия для того, чтобы анализ был более репрезентативный. Также в данной таблице может быть учтен и уровень финансового воздействия при наступлении риска в зависимости от его категории.

Этап 3. Проведение оценки идентифицированных рисков.

На данном этапе осуществляется оценка рисков по двум условиям: вероятности наступления и эффекту воздействия на предприятие.

В данном случае обычно применяют либо шкалу оценки тяжести последствий (таблица 7), либо метод Дельфи для повышения объективности проводимого исследования.

Таблица 7. Шкала оценки тяжести последствий от воздействия риска

Категория	Условное обозначение	Характеристика воздействия
Критическая	5	Долговременный, кумулятивный и необратимый процесс разрушения экосистем.
Серьезная	4	Значительное нарушение природных процессов.
Умеренная	3	Временное ухудшение состояния окружающей природной среды.
Незначительная	2	Локальное кратковременное воздействие.
Пренебрежительная	1	Практически отсутствует.

Этап 4. Визуализация матрицы.

После проведения оценки рисков необходимо их представить в графическом варианте. Наглядный пример приведен ниже на рисунке 16.

СТЕПЕНЬ УЩЕРБА	Критическая					
	Очень высокая					
	Высокая					
	Средняя					
	Низкая					
		0-21%	22-41%	42%-61%	62%-82%	83-100%
ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ						

Рис. 16. Матрица рисков (упрощённый вариант)

Этап 5. Разработка стратегии по минимизации рисков.

Интерпретировать полученные результаты можно через кластерный анализ рисков, анализ взаимозависимостей и выявления аномалий. Оценка рисков в динамике осуществляется через сравнение фактической матрицы с предыдущими версиями для выявления трендов.

После проведенной оценки для каждой выделенной зоны рисков необходимо определить стратегию реагирования. Например:

- Зона красного риска имеет высокую степень ущерба и требует активного вмешательства и принятия срочных мер по управлению рисками, составления детализированного плана и регулярного мониторинга.

- Зона желтого риска среднего уровня ущерба, предполагает плановый контроль, установленную периодичность мониторинга и сбора данных и подготовку мер по предотвращению возможного риска. Здесь же устанавливается контроль за возможными триггерами их наступления.

- Зеленая зона риска – низкий уровень ущерба, устанавливает периодичный контроль за процессами внутри предприятия и плановый мониторинг без активных действий.

Для каждого риска необходимо сформировать конкретный план.

Универсальность данного инструмента позволяет его использовать для прогнозирования наступления любых неблагоприятных событий.

Таким образом, использование инструмента матрицы рисков на промышленном предприятии позволит систематизировать подход к оценке и управлению воздействием на окружающую природную среду. Методика, основанная на идентификации рисков, их ранжировании по вероятности и последствиям, а также их классификации, обеспечивает прозрачность процессов предприятия и оперативность в принятии управленческих решений. Внедрение подобного подхода способствует не только соблюдению техники безопасности и природоохранного законодательства, но и укреплению имиджа предприятия как социально-ответственного субъекта в регионе [50].

4. Четвертым рассмотренным в диссертации методом прогнозирования наступления рисков будет **методика построения вероятностной модели на основе причинно-следственных связей между событиями. Байесовские сети.**

Данная методика подходит для проведения оценки вероятности наступления риска на промышленных предприятиях с учетом множества факторов, в особенности в условиях неопределенности, разрозненности и нехватки данных. Они позволяют строить вероятностные модели за счет интеграции различных источников, эмпирических данных и экспертных оценок.

Суть модели заключается в моделировании тысячи возможных сценариев развития события на основе выбранных входных данных.

На промышленных предприятиях Байесовские сети применяются в следующих случаях:

- Для идентификации и оценки экологических рисков, таких как выбросы загрязняющих веществ, утечка опасных реагентов и материалов, аварийные ситуации.
- Для прогнозирования последствий разных сценариев развития событий, в том числе аварии и нарушения технологических процессов.
- Для поддержки принятия решений в неопределенных условиях.

Например, в исследовании, которое было проведено на нефтеперерабатывающем заводе в Бендер-Аббасе, Байесовская сеть использовалась для приоритезации рисков различных производственных единиц с учетом социально-экологических факторов. Данный инструмент позволил выявить наиболее важные участки производства, требующие срочного вмешательства, и предложить мероприятия по снижению рисков.

Этапы построения:

1. Идентификация переменных. Выделение ключевых аспектов, влияющих на экологическую безопасность от деятельности предприятия.

Например, вероятность воздействия погодных условий, выброса токсичных веществ, утечки нефтепродуктов, эффективность систем очистки и т.д.

2. Определение структуры сети. Установление причинно-следственных связей между переменными на основе анализа процессов и экспертной оценки.

3. Установление зависимостей. Заполнение таблиц условных вероятностей для каждого узла. В данном случае используются данные проводимого мониторинга, доступная статистическая информация и экспертные оценки.

4. Осуществление проверки корректности построенной модели с помощью исторических данных и проведения анализа чувствительности для выявления факторов, оказывающих наиболее сильное влияние на окружающую природную среду.

5. Прогнозирование и анализ сценариев. Использование данной модели для проведения оценки вероятности различных исходов и разработки стратегии управления рисками на предприятии.

Пример структуры Байесовской сети представлен в таблице 8.

Таблица 8. Пример структуры Байесовской сети

Узел	Описание	Тип данных
Утечка вещества	Событие утечки опасных веществ.	Дискретный (да/нет).
Состояние оборудования	Техническое состояние оборудования.	Категориальный (хорошее состояние/ удовлетворительное/ плохое).
Погодные условия	Влияние погодных условий на распространение выбросов веществ.	Категориальный (Состояние: безветрие/ ветер / дождь).
Воздействие на окружающую природную среду	Степень воздействия на окружающую среду.	Дискретный (низкое/ среднее/ высокое).

Предположим, мы хотим смоделировать вероятность экологического ущерба от выброса токсичных веществ (рис.17). Для этого построим таблицу условных вероятностей (табл. 9).

Узел: Экологический ущерб.

Родительские узлы:

- а) Уровень выбросов парниковых газов (высокий/средний/низкий);
- б) Наличие природоохранных мероприятий (да/нет).

Таблица 9. Пример для одного узла Байесовской сети

Уровень выбросов парниковых газов	Природоохранные меры	Вероятность: Высокий уровень ущерба	Вероятность: Средний уровень ущерба	Вероятность: Низкий уровень ущерба
Высокий	Нет	80%	15%	5%
Высокий	Да	40%	40%	20%
Низкий	Нет	30%	50%	20%
Низкий	Да	5%	25%	70%

Если предприятие А производит высокий уровень выбросов парниковых газов и не применяет природоохранные мероприятия, то вероятность наступления высокого экологического ущерба составляет 80%. Если выбросы низкие и мероприятия производятся, то вероятность низкого ущерба составляет 70%.

На представленном ниже рисунке 17 изображена Байесовская сеть в упрощенном варианте. Она описывает взаимосвязь между факторами промышленной деятельности и экологическими рисками. Связи между узлами обозначены серыми стрелками, которые указывают причинно-следственные зависимости.

Например, износ оборудования влияет на утечку веществ и величину экологического ущерба.

Применение Байесовской сети позволяет предприятиям рассчитывать вероятности последствий в зависимости от исходных условий и действий внутренней среды. Она применяется для прогнозирования экологических

рисков и принятия управленческих решений по экологизации производственных процессов.

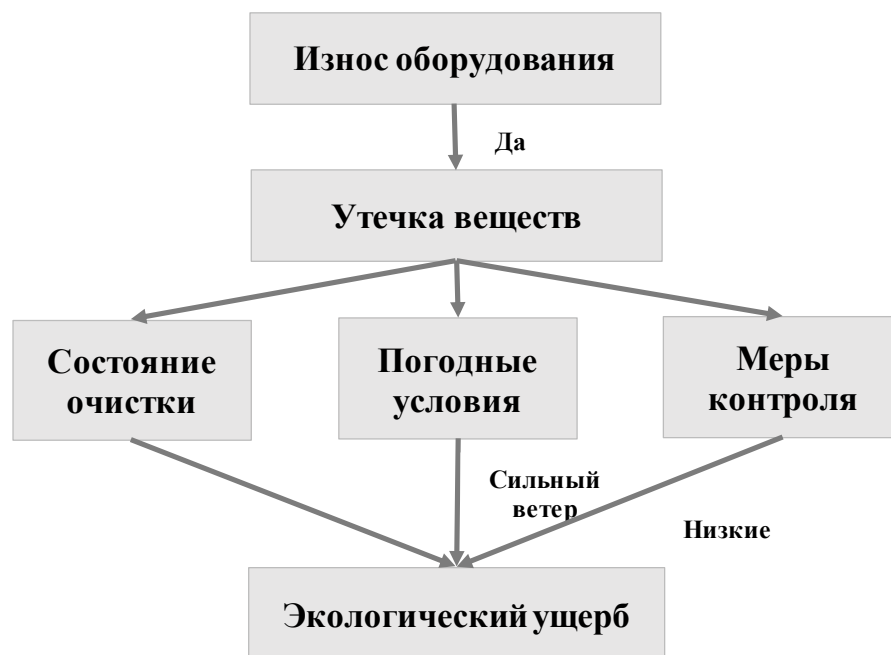


Рис.17. Упрощена схема Байесовской сети

Таким образом, экологические риски, обусловленные деятельностью промышленного сектора, остаются одной из ключевых угроз и требуют от компаний интеграции устойчивых практик, инвестиций в «зеленые» технологии и прозрачности в отчетности [50]. Однако первоочередным остается прогнозирование и оценка вероятности наступления события для предотвращения катастрофических последствий. Комплексное использование количественных и качественных методов оценки способствует повышению точности прогнозов и обеспечению обоснованности принятых решений, а также позволяет снизить уровень неопределенности при управлении экологическими рисками.

2.3. Разработка методики оценки экологических рисков для промышленного предприятия региона

В условиях нарастания проблем от негативного воздействия промышленного сектора на окружающую природную среду, необходимости снижения вероятности наступления неблагоприятного события и развития принципов устойчивого развития особую важность приобрела экологизация промышленного сектора.

Экологические риски – это неопределенность влияния и возникновения события и экологических последствий в результате хозяйственной деятельности предприятий и их оценки влияния на окружающую природную среду.

Сущность экологизации производства заключается в следующем [37]:

- системном подходе к снижению загрязняющих выбросов в воздух, воду и почву;
- внедрении наилучших доступных технологий (НДТ) в соответствии с законодательством;
- предупреждении и минимизации экологических рисков и аварийных ситуаций;
- повышении ресурсной эффективности производства, в том числе снижении энергопотребления и развитии процесса переработки отходов;
- создании условий для экологической трансформации предприятия и его устойчивого развития в долгосрочной перспективе.

Одним из основных барьеров внедрения экологизации остается низкая экологическая культура персонала, слабая мотивация инвесторов, отсутствие у руководства компаний стимулов к финансированию экологических проектов, оказывает влияние и ограниченность доступа к зарубежным экологическим инновациям.

Необходимо учитывать и регуляторные риски, отслеживать изменяющееся законодательство, стандарты и требования, в том числе международные.

А.А. Голуб в своем исследовании «Экономика природопользования» обозначает, что экологические проекты в промышленном секторе всегда предполагают наличие установленных и четко определенных показателей по снижению эмиссий, выбросов или отходов, которые могут быть достигнуты через внедрение НДТ, модернизацию изношенного оборудования или изменения цепочки производственного/технологического процесса.

Разработка экологического решения обычно имеет следующую структуру [42]:

Этап №1 – Предварительный анализ исходных условий. Проведение экологического аудита, в ходе которого будут идентифицированы возможные риски и источники загрязнений, будет проведена оценка соответствия внутренних процессов компании действующим нормативам.

Этап №2 – Формирование технического задания, основой которого станут полученные данные в рамках экологического аудита.

Этап № 3 – Планирование. На данном этапе определяются зоны наибольшего риска и потенциал для улучшения критических ситуаций. Также здесь закладывается и желаемый экологический эффект от планируемых мероприятий.

Этап № 4 – Проектирование технических и организационных решений. Необходимо произвести расчеты и оценить техническую осуществимость экологического решения. После чего будет произведен анализ его экологической и экономической эффективности (затраты на внедрение, срок окупаемости, рентабельность). При этом, как отмечает М.В. Курбатов, многие экологические решения окупаются в среднесрочной и долгосрочной перспективах за счет снижения платы за негативное воздействие и ставки

экологического сбора, экономии ресурсов и отсутствия штрафных санкций за аварийные ситуации.

На четвертом этапе будет производиться и оценка рисков проектов (индексный подход, метод Монте-Карло, SWOT-анализ, метод Дельфи и т.п.), что позволит обосновать целесообразность данного проекта.

Этап № 5 – Реализация экологического решения. Этот процесс предполагает установление взаимодействия между различными структурами предприятия и четкий контроль за принятием управленческого решения, назначение ответственных лиц и постоянное отслеживание процессов.

Этап №6 – Мониторинг эффективности реализованных мероприятий. Шестой этап является важнейшей задачей, поскольку позволяет оценить изменения, возникшие после внедрения экологического решения.

Таким образом, мы можем отметить, что разработка и внедрение экологических решений на промышленных предприятиях является сложным, но необходимым процессом, который требует комплексного подхода, учитывающего различные аспекты. При успешной реализации такого проекта не только появляется возможность в минимизации экологических рисков, но и повышается конкурентоспособность самого предприятия в условиях ужесточающегося природоохранного законодательства.

Для внедрения экологических решений необходимо применять методики оценки рисков. Автор предлагает следующую методику.

Риски в данном случае подразделяются на экономический, экологический, социальный. Элементами экологического риска можно считать следующие: негативное влияние на атмосферный воздух, сброс сточных вод, размещение отходов производственного и непроизводственного типа. Таким образом, формула для оценки рисков складывается из следующих параметров:

$$R_{\text{э.}} = \sum R_{\text{отх}} + R_{\text{атм}} + R_{\text{сбр. ст. вод}}, \quad (11)$$

$$R = \gamma \times \eta \times \Delta m, \quad (12)$$

где

γ - степень влияния события (хозяйственной деятельности предприятия) на окружающую природную среду;

η – вероятность возникновения события для конкретных хозяйственных решений;

Δm – разность масс загрязнений, т/год.

Оценка степени влияния хозяйственного решения на окружающую природную среду по элементам экологического риска представлена в таблицах 10-12.

Таблица 10. Оценка степени влияния хозяйственного решения на окружающую природную среду
(загрязнение атмосферного воздуха)

Степень влияния на окружающую природную среду	Связь с концентрацией выбросов и ПДВ	Повышающий / понижающий коэффициент
Слабое	$C_i < \text{ПДВ}$	1
Среднее	Концентрация в 1,5-2 раза превышает ПДВ	1,1
Тяжелое	Концентрация в 15-20 раз превышает установленное ПДВ на объекте	1,2
Крайне тяжелое	Превышение составляет более 21 раза от установленных значений ПДВ	1,5

Таблица 11. Оценка степени влияния хозяйственного решения на
окружающую природную среду
(сброс сточных вод)

Степень влияния на окружающую природную среду	Связь с концентрацией выбросов и ПДС	Повышающий / понижающий коэффициент
Слабое	$C_i < \text{ПДС}$	1
Среднее	Концентрация в 3-4 раза превышает ПДС	1,1
Тяжелое	Концентрация в 7-25 раз превышает установленное ПДС на объекте	1,2
Крайне тяжелое	Превышение составляет более 26 раз от установленных значений ПДС	1,5

Таблица 12. Оценка степени влияния хозяйственного
решения на окружающую природную среду
(размещение отходов производственного и непроизводственного типа)

Степень влияния на окружающую природную среду	Связь с концентрацией выбросов и ПДК	Повышающий / понижающий коэффициент
Слабое	$C_i < \text{ПДК}$	1
Среднее	Концентрация в 1-2 раза превышает ПДК	1,1
Тяжелое	Концентрация в 4-15 раз превышает установленное ПДК на объекте	1,2
Крайне тяжелое	Превышение составляет более 15 раз от установленных значений ПДК	1,5

Расчет проводится по всем типам загрязняющих веществ, характерных и установленных для конкретного технологического процесса промышленного предприятия, оценка экологических рисков учитывает особенности деятельности предприятия. Оценка вероятности осуществляется для будущих периодов (табл. 13).

Таблица 13. Оценка степени вероятности возникновения события

Буквенное обозначение	Диапазон значений	Вывод
η_1	0-0,15	Маловероятно
η_2	0,16-0,3	Вероятно
η_3	0,31 – 0,45	Возможно
η_4	0,46 – 0,99	Высокая степень вероятности

Зоны возникновения события определяются по матрице возникновения события, представленной на рисунке 18.

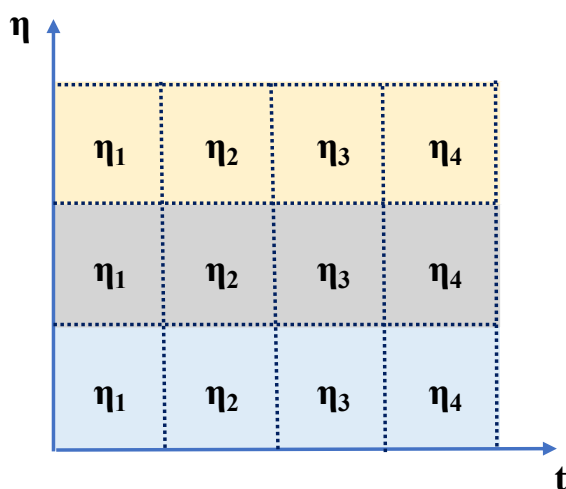


Рис. 18. Распределение степени вероятности во времени

Представленная методика позволяет комплексно оценить влияние промышленного производства на окружающую природную среду [53]. Проведем оценку экологических рисков для Курганской области в таблице 14.

Таблица 14. Оценка экологических рисков в количественном выражении для Курганской области (прогноз рисков на 2026 год), т.

Наименование предприятия	R отх.	R атм.	R сбр.ст.вод	R общ.
ПАО «Кургансельмаш»	139,2	462,0	831,4	1 432,60
ООО «Завод деревообрабатывающих станков»	352,3	196,3	6 937,2	7 485,79
ПАО «Курганприбор»	6,2	35,4	97,0	138,53
ПАО «Буровые установки Кургана»	44,0	0,0	130,7	174,72
ПАО «Курганхиммаш»	43,6	91,2	353,2	487,94
ПАО «Курганавторемонт»	8,9	57,5	78,5	144,89
ООО «Курганский автобусный завод»	311,4	326,5	428,3	1 066,21
ПАО «Курганский завод магнитных изделий»	284,1	224,9	128,2	637,24
ПАО «Курганские прицепы»	32,2	234,4	212,2	478,76
ООО «Курганский завод нестандартного оборудования»	213,1	165,6	244,4	623,24
ООО «Курганский кабельный завод»	66,9	86,1	172,5	325,54

Высокие значения экологических рисков показал ООО «Курганский автобусный завод», так как он является потенциально экологически опасным. Оценка экологических рисков дает возможность снизить потенциальное негативное воздействие промышленных объектов на окружающую природную среду в среднесрочной и долгосрочной перспективах.

Итак, обобщая все вышесказанное, можно сделать следующие выводы ко второй главе диссертационного исследования:

Промышленные предприятия являются существенным источником негативного воздействия на окружающую природную среду региона как за счет использования природных ресурсов, так и за счет загрязнения окружающей природной среды отходами, сбросом сточных вод в поверхностные водные объекты и загрязнением атмосферного воздуха.

Экологические риски в регионах Российской Федерации высоки и охватывают деятельность промышленных предприятий. В настоящее время промышленные предприятия остаются экологически опасными и данную проблему возможно решить только при минимизации рисков.

На сегодняшний день существует множество методов оценки и описания экологических рисков, в основном они подразделяются на качественные и количественные, также можно выделить метод Монте-Карло как метод, позволяющий оценить и сценарно описать возникновение рисков и их величину. Автор исследования пришел к выводу, что необходимо создать более совершенную методику оценки экологических рисков для промышленного предприятия.

Автор предложил методику оценки экологических рисков, основанную на региональном коэффициенте, степени вероятности и фактическом загрязнении окружающей среды. Данную методику можно считать наиболее точной за счет учета регионального фактора. Апробация полученной методики осуществлена на машиностроительных предприятия Курганской области, где сейчас существенной является проблема загрязнения атмосферного воздуха, полученные результаты позволили выделить потенциально экологически опасные предприятия.

ГЛАВА 3. УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ УЩЕРБОМ В ПОСТОЯННО ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ В РЕГИОНЕ

В настоящее время экологические риски напрямую связаны с ущербом, наносимым окружающей природной среде. При этом подходы к оценке ущерба, наносимого хозяйственной деятельностью предприятий в регионе, остаются неоднозначными. Существует множество методик оценки, при этом нет универсальной и комплексной методики расчета ущерба, позволяющей в полной мере оценить влияние промышленного сектора на окружающую природную среду региона. Основным недостатком уже разработанных подходов является отсутствие точных расчетов и статистической информации, что не позволяет в итоге получать точные результаты и оценить сложившуюся эколого-экономическую ситуацию.

3.1. Устойчивое развитие региона в условиях изменения эколого-экономической ситуации

На Саммите ООН в 2015 году были определены 17 целей устойчивого развития (ЦУР), которые согласовали 193 страны. Российская Федерация также ратифицировала цели. Цели устойчивого развития не являются директивным обязательством, а нацелены на планомерную корректировку деятельности государств в части экологического, экономического и социального развития. Цели устойчивого развития определяются на уровне государств и регионов, а также на локальном уровне, то есть на уровне крупных предприятий и организаций.

Инициация данных идей берет свое начало в 1972 году в рамках доклада на заседании «Римского клуба». Доклад «Пределы роста» раскрывал особенности ограниченности природных ресурсов и их исчерпаемости, что было доказано с помощью построения 12 сценариев математической модели, которая отражала взаимосвязь роста населения и исчерпаемости природных

ресурсов. Для благоприятного исхода сложившейся ситуации необходимо обеспечить осознанное природопользование, то есть должны быть соблюдены социальные, экологические и экономические эффекты, и они должны находится в балансе (рис. 19).



Рис. 19. Разделение целей ЦУР по типам эффектов [8]

Таким образом, устойчивое развитие – это комплексный подход к разработке мер и мероприятий, направленных на сохранение окружающей природной среды при удовлетворении потребностей населения и сохранении его здоровья с учетом потребностей будущих поколений. В настоящее время выделено 17 основных целей устойчивого развития, достижение которых позволит обеспечить стабильное качество жизни населения. Цели устойчивого развития касаются социальной, экологической и экономической компонент и позволяют корректировать деятельность регионов и государств в области развития и сохранения окружающей природной среды [53].

В последнее время одними из параметров устойчивого развития стали информационная открытость и применение медиатехнологий в различных видах деятельности и общественной жизни. Информационная открытость способствует росту осознанности населения и позволяет регулировать деятельность регионов Российской Федерации и влиять на их социально-экономическое развитие и экологическую информированность. Современные компании России в свои стратегии включают цели устойчивого развития, принципы корпоративной социальной ответственности и стратегии экологизации своей деятельности.

Таким образом, необходимо вводить экологическую и социальную ответственность промышленных предприятий в настоящее время. Предприятия должны инвестировать денежные средства в природоохранную деятельность региона. Предприятия, придерживающиеся принципов устойчивого развития, наиболее эффективно и рационально используют ресурсы. Использование данных подходов позволит снизить экологическое воздействие и сбалансировать деятельность по управлению всеми сферами устойчивого развития.

Принципы устойчивого развития используются для привлечения внешнего инвестирования, также это касается и многих зарубежных инвесторов. Восприятие принципов устойчивого развития различное для разных государств. При этом сущность принципов одна – регулирование негативного воздействия на окружающую среду, учитывая социально-экономические эффекты развития территорий. В региональных концепциях стратегического развития зачастую присутствуют элементы устойчивого развития регионов. Дорожные карты регионов также включают положения по устойчивому развитию, так как данные принципы позволят сформировать устойчивую городскую среду и обеспечить качество жизни населения регионов [53].

Устойчивое развитие должно охватывать многие аспекты жизни населения регионов, что даст возможность внедрять принципы на различных территориях и обеспечивать достойное качество жизни. Антропогенное воздействие на окружающую среду оказывает серьезное негативное влияние на природные территории. Сохранение окружающей среды напрямую влияет на продолжительность жизни и здоровье населения, поэтому благоприятная окружающая среда является приоритетом для развития будущих поколений. Негативное экологическое воздействие разрушает биосферу и изменяет экосистемы, что влияет на качество окружающей среды и возможности ее сохранения для будущих поколений [53].

В 1992 году в Рио-де-Жанейро состоялась конференция по сохранению устойчивости для настоящих и будущих поколений, где обсуждались вопросы создания благоприятной среды. Экологические проблемы были оценены как основные проблемы 21 века, а их последствия губительны для всего живого. Устойчивое развитие стало приоритетом в развитии природоохранной деятельности для многих стран Евросоюза, США, Канады, Японии, Китая. Одним из направлений достижения этих целей является экологический менеджмент, в частности, стандарты ИСО 14000 [52]. Их внедрение на промышленных предприятиях позволит снизить негативное воздействие, согласно технологиям и целям предприятия и путем непрерывного аудита, а также усилить контроль за изменением влияния промышленного предприятия на окружающую природную среду.

Важнейшим направлением является формирование индикаторных показателей по оценке эколого-экономической устойчивости, которые позволят контролировать выполнение и реализацию целей устойчивого развития стран, регионов, предприятий и компаний [52].

К основным факторам устойчивого развития можно отнести следующие [18]:

1. Сбалансированность интересов стран в экологической, экономической и социальной деятельности.

2. Необходимость сопоставления экологических, социальных и экономических эффектов на различных уровнях.

3. Обеспечение стабильного социально-экономического развития территорий.

4. Устойчивое развитие, прежде всего, связано с общественным развитием.

5. При возникновении ошибок в переходе к принципам устойчивого развития может наблюдаться нестабильность и снижение показателей благосостояния населения.

В регионах и на предприятиях должна быть отлажена система контроля за обеспечением целей устойчивого развития и созданием эффективных и экологически безопасных производственных процессов на действующих предприятиях. Необходимо определить индикаторные показатели, которые будут на уровне предприятий контролировать их вклад в устойчивое региональное развитие. Показатели устойчивого развития связаны с социально-экономическими показателями региона, например, с ВВП региона и с показателем валового национального продукта.

В качестве значимой научной работы в области устойчивого развития можно выделить доклад «Об измерении экономического развития и социального прогресса», авторами доклада являются лауреаты Нобелевской премии по экономике Дж. Стиглиц и А. Сен, доклад был опубликован в 2009 году. В докладе четко отражена связь индикаторных показателей устойчивого развития и показателей ВВП. При этом отражено, что на ВВП не влияют социальные процессы [52].

Отсюда можно сделать следующие выводы по поводу взаимосвязи ВВП и устойчивого развития [51]:

1. Современное общество убеждается, что ВВП не является универсальным показателем для оценки благосостояния, поскольку не учитывает социальные эффекты и процессы.
2. Вклад денежных средств в экологическое благополучие регионов отрицательно влияет на ВВП, так как экологические мероприятия приводят к затратам, но при этом не приносят прибыли, а скорее вызывают косвенные эффекты.
3. В понятие «благосостояние» должны входить такие категории как экономическая и физическая безопасность, состояние здоровья населения региона, факторы социально-экономического развития и др.

Оценка природоемкости может быть осуществлена по следующим двум направлениям [53]:

а) Удельные затраты природных ресурсов в расчете на единицу конечного результата (проводится оценка эффективности использования природных ресурсов и связи с показателями внутрирегионального и федерального развития страны).

б) Удельные величины загрязнения, пересчитанные на единицу конечного результата (проводится взаимосвязь величины загрязнения и показателя ВВП, оценка интенсивности загрязнения).

Данные типы показателей являются субъективными, поэтому необходимо формировать индикаторы эффективности природоохранной деятельности, которые позволят оценивать устойчивое развитие природных территорий. Также необходимо компенсировать ущерб, наносимый окружающей природной среде, при этом учитывая показатели природоемкости (рис. 20).

Система индикаторных показателей должна формироваться индивидуально для каждой страны, но самое главное, она должна быть объективной, то есть отражать эффективность природопользования и активность природоохранной деятельности. Для сырьевой направленности

экономики России характерно нерациональное использование природных ресурсов и необходимость дополнительного контроля данной деятельности, несмотря на высокую природоемкость территории.

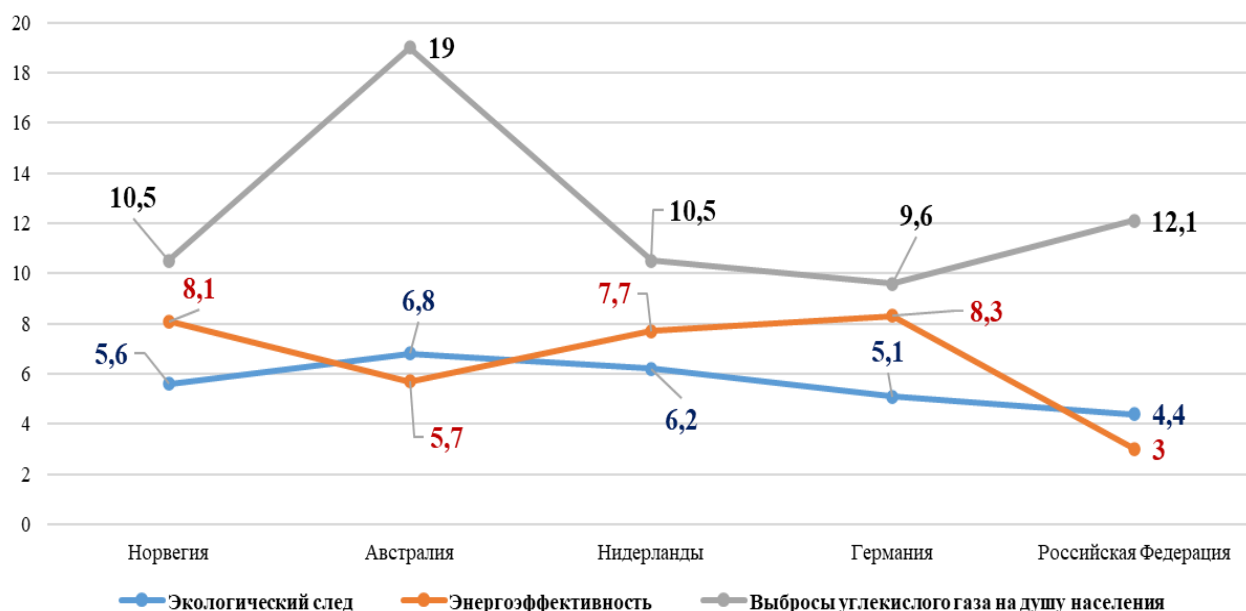


Рис. 20. Индикаторные показатели по странам, позволяющие оценить принципы устойчивого развития, кг/чел [172]

Важным социологическим показателем является удовлетворенность населения качеством окружающей среды, данный показатель значительно различается по регионам в зависимости от эколого-экономической ситуации. Многие регионы России существенно загрязнены, так как промышленный комплекс не применяет экологичные технологии. В настоящее время показатели устойчивого развития по странам можно отнести к удовлетворительным по оценкам населения стран. Разработанная система интегральных показателей позволит учитывать качество окружающей среды и отслеживать качество жизни населения с учетом эколого-экономических факторов.

Таким образом, эффективное использование индикаторных показателей позволит существенно улучшить деятельность в сфере устойчивого развития, то есть обеспечить экологические, экономические и социальные эффекты.

Рост промышленного производства сопровождается значительным ежегодным увеличением объемов производственных отходов, что оказывает негативное влияние на экологическую безопасность регионов. Накопление отходов без их эффективной утилизации становится причиной ухудшения состояния окружающей природной среды, загрязнения почв, атмосферного воздуха и водных ресурсов, сокращения биоразнообразия и свободных земельных ресурсов, пригодных под сельское хозяйство или строительство объектов инфраструктуры, а также создает угрозу для здоровья населения.

Отсутствие действенных мер по утилизации и переработке отходов способствует развитию негативных техногенных процессов, что в свою очередь снижает инвестиционную привлекательность региона, ограничивает его социально-экономическое развитие и увеличивает финансовую нагрузку на региональные бюджеты. В условиях интенсификации промышленных производств актуальность внедрения принципов устойчивого развития возрастает, поскольку данная концепция направлена на достижение баланса между тремя основными аспектами: экологической безопасностью, социальным благополучием и экономической эффективностью. Реализация принципов устойчивого развития позволяет минимизировать экологические риски за счет сокращения объемов образования и захоронения отходов, использования их как вторичного материального ресурса и снижения антропогенной нагрузки на городские экосистемы.

Антропогенное воздействие, обусловленное неэффективным управлением обращением с отходами производства и потребления, формирует значительные экологические риски. При рассмотрении производственных отходов основным фактором, влияющим на уровень экологического риска, является непрерывно увеличивающийся объем образования отходов и низкий

процент их утилизации. Многие регионы недооценивают последствия наступления экологических рисков из-за большой протяженности территории Российской Федерации и, как следствие, доступности земельного ресурса для захоронения отходов, а также возможности использовать в производстве в основном первичное сырье и ориентацией промышленных секторов экономики на использование невозобновляемых ресурсов. Подобные факторы тормозят внедрение «зеленых» технологий и современных подходов по использованию ресурсосберегающих и безотходных технологий, что ставит под угрозу достижение целей устойчивого развития на национальном и региональном уровнях.

Для обоснования создания на территории регионов объектов инфраструктуры для переработки и утилизации промышленных отходов требуется проведение оценки текущего уровня экологических рисков в регионе.

Исследование экологических рисков от воздействия производственных отходов является репрезентативным на примере Челябинской области, поскольку она выступает одним из крупнейших промышленных центров Российской Федерации. В данном регионе проблема эффективной утилизации производственных отходов и, как следствие, снижения уровня экологических рисков особенно актуальна. Отходы в данной области составляют около 10% от общего объема производственных отходов по стране.

Регион характеризуется развитой промышленностью, такой как металлургическая, машиностроительная, химическая и энергетическая, что приводит к образованию значительных объемов производственных отходов. К основным их видам, согласно данным Федеральной службы государственной статистики, относятся металлургические шлаки, зола и шламы от сжигания топлива, химические, строительные, отходы обрабатывающих производств и т.д. (рис.21).



Рис. 21. Соотношение отходов от производственной деятельности в Челябинской области (данные Федеральной службы государственной статистики)

На диаграмме видно, что преобладающим видом в Челябинской области являются отходы от добычи полезных ископаемых, их доля от общего объема составляет 95%. Это свидетельствует о высокой промышленной нагрузке на регион [54].

Исходя из данных Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, обращение с отходами производства и потребления в Челябинской области демонстрирует определенные тенденции за последние три года, на рисунках 22 и 23 представлена динамика их образования, обработки, утилизации и захоронения.



Рис. 22. Динамика образования отходов производства и потребления за 9 лет в Челябинской области (Федеральная служба по надзору в сфере природопользования)

Динамика образования отходов имеет устойчивую тенденцию к росту, которая варьируется в пределах 3-7% ежегодно, достигнув в 2023 году 262 миллионов тонн. Несмотря на предпринятые меры, включая реформу в области обращения с отходами 2019 года и государственную поддержку для предприятий, внедряющих технологии рециклинга, доля переработанных отходов остается достаточно низкой – 9% в 2023 году. Стоит также отметить снижение процента размещения отходов, направляемых на утилизацию, основная доля по-прежнему продолжает размещаться на территории региона (81%), что влияет на уровень экологических рисков [54].

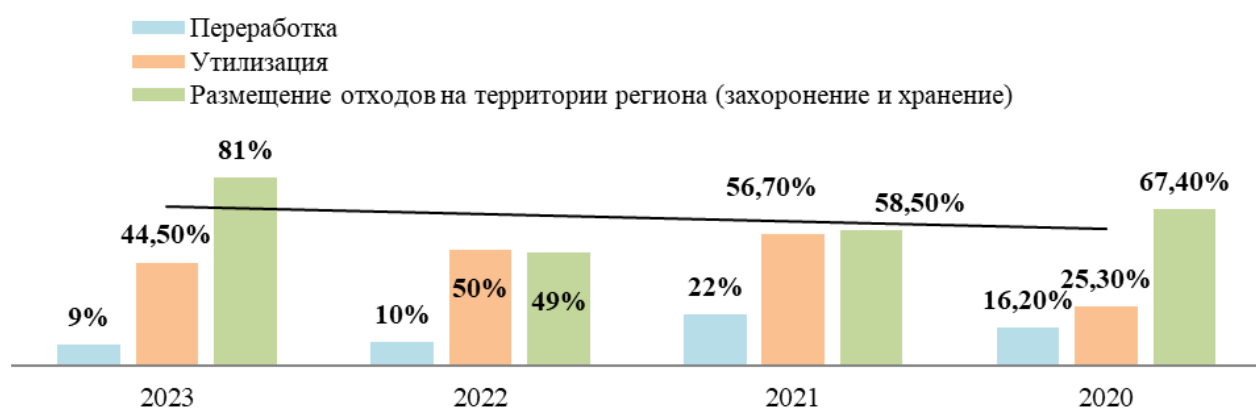


Рис. 23. Динамика соотношения отходов, направляемых на рециклинг к отходам, которые размещаются на территории региона за 4 года в Челябинской области (Федеральная служба по надзору в сфере природопользования)

Снижение показателя рециклинга может быть также связано с увеличением доли малых и средних предприятий, которые составляют 60% промышленного сектора региона. По причине ограниченности ресурсов и высоких затрат на внедрение ресурсосберегающих и перерабатывающих технологий данные предприятия направляют около 80% образовавшихся отходов на хранение и захоронение. В то же время отмечаются сложности с переработкой отходов среди предприятий химической промышленности, которые накапливают до 10 тысяч тонн токсичных отходов в год. Среди предприятий, развивающих принципы устойчивого развития и экономики замкнутого цикла, можно выделить Магнитогорский металлургический комбинат, ежегодно перерабатывающий до 1,2 миллионов тонн шлаков, производя щебень и строительные материалы. Еще одними предприятиями являются Челябинский трубопрокатный завод, который внедрил замкнутый цикл водопользования, что позволило сократить сброс промышленных вод на 40% и снизить риск загрязнения рек, и Уралэлектромедь, внедривший установки по извлечению меди из отходов обогащения. Однако несмотря на успешные мероприятия по возвращению отходов в хозяйственный оборот, диспропорция среди производственного сектора, реализующего данные проекты, приводит к росту региональных затрат на предупреждающие меры и ликвидацию экологических загрязнений, что влияет на социально-экономический климат в регионе. Примеры компаний, внедривших технологии рециклинга, подтверждают, что инвестиции в отрасль переработки производственных отходов могут снизить экологические риски, однако без решения вопроса о поддержке предприятий малого и среднего бизнеса прогресс будет несущественным [55].

Для решения проблемы предлагается строительство в регионе экологического технопарка по эффективной утилизации производственных отходов, например, 3 класса опасности. Как видно из рисунка 24, в 2022 году наблюдается снижение количества отходов 1, 4 и 5 классов опасности, а также

рост количества отходов 2 и 3 классов опасности. Данное предложение будет актуальным, поскольку в Челябинской области, как отмечает Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, наиболее высокая вероятность наступления неблагоприятных событий связана с отходами металлургического производства, химической промышленности, отходами переработки природных ресурсов, ртутьсодержащими отходами и прочими, большая часть из которых относится к 3 классу опасности. Отходы 3 класса опасности, несмотря на их отнесение к «умеренно опасным», формируют значительные экологические риски в регионе: деградации экосистем, загрязнения гидросферы и роста заболеваемости астмой среди детей. Объемы производственных отходов с разбивкой по классам опасности представлены на рисунке 24.

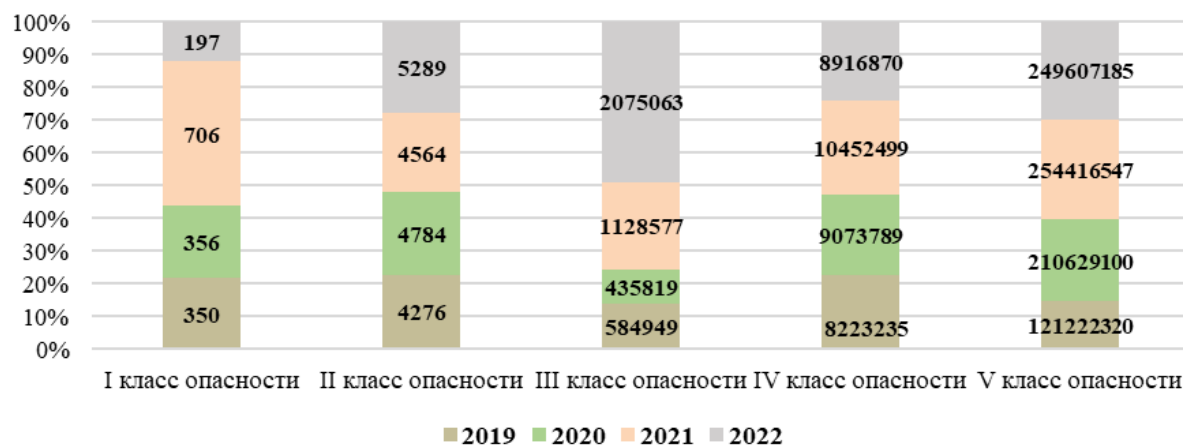


Рис. 24. Объемы производственных отходов с разбивкой по классам опасности, тонн

Исходя из проведенного анализа ситуации в регионе, можно сделать вывод, что такой рост объемов образования отходов с низким процентом по переработке, связан с увеличением производственной активности в регионе и сопровождается усилением экологических рисков, таких как:

1. Увеличение уровня испарения токсичных веществ из отходов и нарушение в климатических системах. В Челябинской области летние температуры в промышленных зонах могут превышать 40 °С, что способствует ускорению выделения токсичных летучих органических соединений из

шлаковых отвалов.

2. Ухудшение качества воздуха в регионе и, как следствие, повышение риска увеличения сердечно-легочных заболеваний. Как отмечается в открытых источниках, в Магнитогорске, на территориях вблизи металлургического комбината, уровень РМ составляет 2,5 мкм, что превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) почти в 5 раз. А в сочетании с выбросами выхлопных газов от автотранспорта могут образоваться «смоговые ловушки» в жилых кварталах.

3. Деграция городских объектов водной среды и земельного ресурса.

4. Накопление отходов производства и потребления. Смешение бытовых и производственных отходов, особенно 1-2 классов опасности, на полигонах может привести к загрязнению грунтовых вод тяжелыми металлами и диоксидами. Размещение отходов производства и потребления в окружающей природной среде (в 2023 году свыше 80% отходов было направлено на хранение и захоронение) сопровождается расширением территорий полигонов и ухудшением качества жизни населения.

5. Снижение уровня рекреационного потенциала региона. Например, загрязнение озер в регионе шлаками от металлургической промышленности привело к сокращению туристического потока.

6. Возникновение вторичных загрязнений при рекультивации полигонов и несанкционированных свалок.

Для проведения оценки экологического риска, количественного анализа, связанного с накоплением производственных отходов в Челябинской области, была применена методика интегральной оценки. Она позволяет учитывать как объем образования отходов, так и их опасности для окружающей среды.

Формула расчета интегрального индекса экологического риска (ИЭР) представлена следующим образом [54]:

$$\text{ИОЭР} = \frac{\sum (O_i \times K_i)}{O_{\text{общий}}}, \quad (13)$$

где:

O_i – объем отходов i -го класса опасности за год;

K_i – коэффициент опасности отходов:

1 класс – 100; 2 класс – 50; 3 класс – 10; 4 класс – 5; 5 класс – 1.

$O_{\text{общий}}$ – общий объем отходов за год.

С учетом анализа существующих подходов в данном исследовании предлагается использовать трехуровневую шкалу интерпретации ИОЭР, где:

ИОЭР < 15 – низкий уровень риска, который характеризуется стабильной экологической обстановкой и некритическим влиянием производственных отходов на окружающую среду;

ИОЭО 15-25 – средний уровень риска, характеризующихся требованием усиления контроля и проведением профилактических мероприятий для предотвращения ухудшения экологической ситуации в регионе;

ИОЭР > 25 – высокий уровень риска, означающий, что требуются серьезные меры по его снижению, экологическая ситуация значительно ухудшается, возможно появление угрозы для здоровья населения.

Расчет за 2020 год:

$O_{\text{общий}} = 20\,786\,514$ т.

Числитель формулы: 57 871 485.

ИОЭР за 2020 год = 27,84 усл.ед. – достаточно высокий уровень риска, что свидетельствует о непростой экологической ситуации в регионе. Данный уровень может быть связан со значительными объемами отходов 2-3 класса опасности, преимущественно от предприятий химической и металлургической промышленности. Большая доля отходов направлялась на размещение, а не утилизацию, что увеличило нагрузку на полигоны. Индекс экологического риска указывает на необходимость усиления мер по утилизации отходов и развития предупреждающих мер в отношении загрязнения атмосферы и водных ресурсов.

Расчет за 2021 год:

$O_{\text{общий}} = 31\,270\,546 \text{ т.}$

Числитель формулы: 77 916 425.

ИОЭР за 2021 год = 24,91 усл.ед. – средний уровень риска, отмечается снижение показателя в сравнении с предыдущим годом, однако критерий проходит на границе высокого уровня. Снижение показателя обусловлено увеличением доли рециклинга на части производств региона и снижением объемов отходов 1-3 классов опасности. Влияние на данный показатель также оказало улучшение мониторинга состояния экологической обстановки в регионе и ликвидация большего числа несанкционированных свалок. Однако рост малоопасных отходов указывал на отсутствие внедрения на предприятиях безотходных или ресурсосберегающих технологий. Поскольку значение риска выше 20, требуется усиление мероприятий, связанных с устойчивым развитием.

Расчет за 2022 год:

$O_{\text{общий}} = 33\,952\,304 \text{ т.}$

Числитель формулы: 2 568 799 315.

ИОЭР за 2022 год = 27,79 усл.ед. – высокий уровень риска, требуются срочные меры по его снижению. Увеличение показателя связано с ростом объемов отходов 2, 4 и 5 классов опасности из-за расширения химических производств и накопления токсичных отходов на полигонах. Немаловажным является и снижение показателя рециклинга на 12%, что подтверждает неэффективность принятых мер.

Полученные значения интегрального индекса в 2022 году свидетельствуют о системных проблемах, связанных с обращением с отходами [55].

Построение «спирали» рисков на основе данных за 2020-2022 годы позволит визуализировать основные экологические угрозы на примере исследуемого региона (рис. 25).

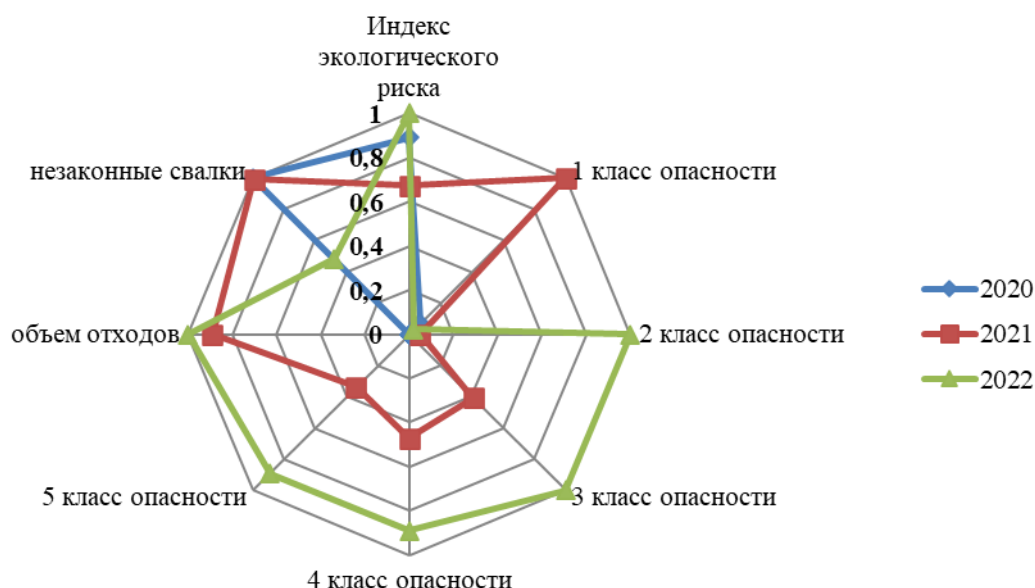


Рис. 25. «Спираль» рисков за период 2020-2022 гг.
(на примере Челябинской области) [55]

Данный метод оценки рисков наглядно демонстрирует доминирование экологических угроз, которые связаны с накоплением производственных отходов в регионе и недостаточной ликвидацией несанкционированных свалок, что также подтверждается ростом интегрального индекса экологического риска. Увеличение показателя ИОЭР связано с ростом объемов образования отходов 3 и 4 класса опасности, их накоплением в регионе и недостаточной ликвидацией несанкционированных свалок. Кроме того, небольшое улучшение в 2021 году уравнивается ростом объемов токсичных отходов при отсутствии достаточного количества инфраструктурных объектов и инвестиций для их утилизации. Рост высокотоксичных отходов в 2022 году усиливает проблемы в социально-экономической сфере вблизи промышленных зон из-за увеличивающегося загрязнения экосистемы населенных пунктов.

Экологические риски, связанные с накоплением производственных отходов, оказывают существенное влияние на уровень социально-экономического развития региона. Одним из ключевых последствий является ухудшение качества жизни и здоровья населения вследствие загрязнения экосистем в городах. Как уже отмечалось выше, усиливающийся рост

образования отходов с низким процентом их утилизации сопровождается высокой вероятностью наступления таких экологических рисков, как увеличение уровня испарения токсичных веществ и ухудшение качества воздуха в регионе, что приводит к росту заболеваемости среди населения и к повышенной нагрузке на региональную систему здравоохранения. В промышленных городах уровень респираторных, онкологических и аллергических заболеваний может быть выше средних по стране, соответственно, увеличиваются затраты со стороны региона на медицинские услуги, а также снижается уровень производительности труда. В Челябинской области уровень респираторных патологий выше среднероссийского на 25%, расходы регионального бюджета на здравоохранение ежегодно увеличиваются примерно на 3 миллиарда рублей.

С экономической точки зрения, экологические риски влияют и на уровень инвестиционной привлекательности региона, поскольку неэффективная политика в данной области способствует усилению барьеров для развития бизнеса, ограничивая возможности расширения производственных мощностей и реализации новых промышленных проектов.

Деградация земельного ресурса является еще одним ключевым последствием. Из-за превышения хранения и захоронения отходов 4-5 классов опасности над их переработкой снижается возможность использования земельного ресурса под сельскохозяйственные нужды. Например, в Коркинском районе были выведены из оборота около 30% пахотных земель из-за загрязнения тяжелыми металлами, что повлияло на продовольственную зависимость региона.

Таким образом, экологические риски, которые обусловлены накоплением производственных отходов, создают барьеры в социально-экономической и экологической политике региона и требуют оперативных мер по снижению вероятности их наступления.

Учитывая проведенный в исследовании анализ, для минимизации

экологических рисков требуется внедрение комплексных мероприятий на региональном уровне, который будет включать в себя ряд экономических механизмов:

1. Строительство экологического технопарка по переработке отходов 3 класса опасности. Опираясь на опыт других регионов страны, можно сделать вывод, что данный проект позволит снизить региону уровень экологических рисков за счет увеличения объемов обезвреживания и рециклинга отходов, сокращения несанкционированных свалок, а также позволит получить дополнительные финансовые средства за счет реализации продукции вторичного сырья.

Производственный кластер технопарка сможет принять до 100 тысяч тонн нефтесодержащих отходов в год и 50 тысяч тонн химических реагентов.

Использование пиролиза нефтешламов позволит получить синтетическое топливо. Нейтрализация кислот и щелочей в отходах химических остатков позволит в дальнейшем использовать сырье в производстве строительных материалов.

Экономическими и экологическими эффектами будут [55]:

- Снижение экологических рисков на 40% за счет переработки отходов 3 класса опасности, что также позволит уменьшить уровень загрязнения почв и водных объектов.
- Создание дополнительных рабочих мест (500+) и снижение уровня заболеваемости населения в промышленных районах за счет уменьшения выбросов от захоронения отходов.
- Экологический технопарк способствует достижению целей устойчивого развития №13 «Борьба с изменением климата», №12 «Ответственное потребление и производство» и №11 «Устойчивые города и населенные пункты».

2. Использование системы «Умный город» для цифрового мониторинга несанкционированных свалок. Данный подход позволит, исходя из опыта

других регионов страны, сократить объем несанкционированных свалок на 44% за счет технологий искусственного интеллекта, дронов и распознающих камер видеонаблюдения, которые ежедневно будут сканировать промышленные зоны и зоны повышенного риска, а также отслеживать маршруты транспортировки отходов [53].

3. Поскольку основная проблема переработки отходов связана с высокими затратами на покупку и внедрение передовых технологий, необходима государственная поддержка, направленная на компенсацию затрат при внедрении безотходных и ресурсосберегающих технологий.

Данные меры позволят нивелировать риск снижения уровня рекреационного потенциала региона, возникновения вторичных загрязнений при проведении работ по рекультивации загрязнённых земель и полигонов. Сокращение объемов захоронения отходов снизит нагрузку на полигоны и уменьшит риск загрязнения грунтовых вод, накопления токсинов в почвах и эмиссии парниковых газов.

В рамках антропогенной трансформации природных систем экологические риски, обусловленные влиянием производственных отходов на окружающую природную среду, приобретают острый характер, в том числе это выражается через дестабилизацию социально-экономических и экологических процессов в регионах. Основные экологические риски в Челябинской области связаны с накоплением умеренно опасных и малоопасных отходов и загрязнением окружающей природной среды тяжелыми металлами. Проведенная в исследовании интегральная оценка показала, что текущая политика региона недостаточно эффективна для развития целей устойчивого развития, промышленные предприятия хоть и внедряют «зеленые» технологии, однако уровень переработки отходов за последние три года приблизился к минимальному значению. Исходя из этого можно сделать вывод, что без строительства объектов инфраструктуры по рециклингу промышленных отходов и проведения экологического мониторинга экологические риски будут

усиливаться и угрожать экосистеме региона и его социально-экономической стабильности.

Таким образом, производственные и непроизводственные отходы оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду региона и влияют на рост объемов загрязнения.

Отметим, что внедрение принципов устойчивого развития напрямую зависит от сложившейся в регионе эколого-экономической ситуации, существующие методы оценки экологического ущерба и экологических рисков несовершенны, поэтому необходимо создать комплексную методику оценки экологических рисков для региона. Для создания точной методики необходимо оценивать влияние промышленного сектора на природные экосистемы в регионе, учитывая как внешние, так и внутренние эколого-экономические факторы.

3.2. Исследование взаимосвязи экологического риска и экологического ущерба, наносимого окружающей природной среде промышленными предприятиями региона

Любая промышленно-производственная деятельность приводит к изменениям в природной среде и негативным экологическим последствиям. В связи с этим, крайне важно найти баланс между сохранением качества окружающей среды и социально-экономическими условиями жизни населения с учетом возрастающих процессов индустриализации.

Для формирования эффективной системы управления охраной окружающей среды необходимо сформировать подходы по оценке экологических рисков. Посредством анализа экологических рисков промышленные предприятия могут выявлять и защищаться от системных финансовых рисков, которые могут быть вызваны экологическими факторами, и предотвращать возникновение непредвиденных потерь. С точки зрения

государства, риск-ориентированный подход позволяет выделять субъектов с высоким уровнем экологических рисков и ужесточать меры государственного надзора над ними. И в том, и в другом случае требуется оценка вероятности причинения ущерба и его количественный расчет.

Оценка экологического ущерба является достаточно сложной задачей, так как в случае наступления негативной ситуации можно наблюдать неблагоприятные изменения в окружающей среде по цепочке взаимодействующих компонентов и на разных иерархических уровнях. Кроме того, негативные последствия могут наступать через продолжительный промежуток времени, что требует формирования прогнозного сценария изменения окружающей природной среды.

При стоимостной оценке нанесенного вреда следует учитывать также затраты как на ликвидацию загрязнения, так и на мероприятия по восстановлению экосистемы. Ликвидация загрязнения подразумевает меры, принимаемые в случае возникновения риска утечки загрязняющих веществ или выброса вредных веществ в окружающую среду, такие как снижение концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде, стабилизация или фиксация загрязняющих веществ в окружающей среде или реализация мер по изоляции загрязненных территорий, снижение рисков, вызванных загрязнением, до приемлемого уровня, а также восстановление или частичное восстановление экологических функций загрязненных территорий. Экологическое восстановление подразумевает меры, принимаемые для восстановления нарушенной экологической среды до исходного состояния [47].

В целом оценка экологических рисков представляет собой комплексный подход, где оценка экологического ущерба может отразить финансовые потери предприятия в случае наступления неблагоприятной ситуации. Соответственно, такая оценка позволит более эффективно управлять

рисками и выработать эффективные мероприятия по охране окружающей среды и предотвращению ущерба.

Расчет экологического ущерба и связь ущерба со стандартным риск-ориентированным подходом

В Российской Федерации в основе существующих подходов к расчету экологического ущерба лежат следующие принципы:

1. Ущерб считается неэластичным и равным нулю в случае загрязнения окружающей среды на уровне, не превышающем пороговые значения. В качестве основных нормативов качества в Российской Федерации выделяют: для вредных веществ – предельно допустимую концентрацию (ПДК), для вредных физических воздействий – предельно допустимый уровень (ПДУ). На основании этих показателей для промышленных предприятий с учетом особенностей их географического расположения и экологических условий устанавливаются нормативы негативного воздействия на окружающую среду (НДВ, НДС, лимиты на размещение отходов).

2. При превышении нормативов воздействия экологический ущерб считается эластичным, а значит, требуется его эколого-экономическая оценка, в том числе оценка мер по ликвидации загрязнения и мер по восстановлению экосистемы до исходного состояния.

3. Расчет ущерба должен проводиться по всей цепочке воздействия с выявлением промежуточных воздействий и факторов опасности.

4. Следует учитывать, что негативные последствия могут иметь отложенный характер, в связи с этим необходим учет фактора времени, который включает в себя как продолжительность негативного воздействия, так и его динамику во времени [8].

В целом выделяют четыре основных метода по расчету экологического ущерба: экспертной оценки, прямого счета, косвенной оценки и рыночной оценки. Как отмечалось выше, приоритетным подходом является косвенный метод, основанный на законодательно закрепленных стоимостных

нормативах, фиксирующих зависимость негативных последствий загрязнения от различных факторов. При недостаточном нормативно-правовом обеспечении применяется экспертный метод исчисления ущерба. Наиболее точным является метод прямого счета, при котором оценка проводится непосредственно для конкретного объекта сначала в натуральных единицах измерения, а потом в стоимостном виде. Главным недостатком такого подхода является его трудоемкость, что ограничивает его применение. Согласно статье 130 Гражданского Кодекса РФ, большинство природных объектов и ресурсов могут быть классифицированы как объекты недвижимости, что дает возможность применять к ним единые методы теории оценки недвижимости: затратный метод (учитывает затраты на восстановление объекта), метод сравнения продаж (основывается на расчете стоимости поврежденного объекта по показателю его рыночной цены), доходный (исчисляется путем суммирования недополученных доходов за период выбытия данного объекта из использования) [11].

В Китае, как отмечалось выше, с 2024 года приняты единые методические указания, направленные на оценку экологического ущерба - «Технические рекомендации по выявлению и оценке экологического ущерба окружающей среде. Общие принципы и ключевые ссылки». В соответствии с данным документом, объем оценки ущерба от загрязнения окружающей среды включает: ущерб здоровью и жизни населения, ущерб имуществу, расходы на экстренную утилизацию загрязняющих веществ, расходы на расследование и оценку экологического ущерба, а также расходы на восстановление экологической системы после загрязнения. В таблице 15 представлены подходы к расчету экологического ущерба в Китае.

Таблица 15. Подходы к расчету экологического ущерба в Китае [9]

Элемент экологического ущерба	Составляющая ущерба	Методика расчета
Ущерб здоровью и жизни населения	- медицинские расходы; - денежные потери вследствие временной нетрудоспособности; - расходы на медицинский уход; - расходы на проживание, компенсацию за питание при госпитализации; - ущерб, вызванный инвалидностью; - ущерб, вызванный смертью и т. д.	на основе действующих национальных норм и стандартов.
Ущерб имуществу	- ущерб государственному имуществу, в том числе за счет потерь продукта производственных активов; - ущерб имуществу государственной и коллективной единицы; - ущерб личному имуществу.	на основе действующих национальных норм и стандартов
Расходы на экстренную утилизацию загрязняющих веществ	- расходы на спасательные работы; - расходы на ликвидацию последствий негативных воздействий; - расходы на эвакуацию населения; - расходы на контроль за загрязняющими веществами; - расходы на мониторинг чрезвычайных ситуаций и т.д.	на основе фактических понесенных расходов
Расходы на расследование и оценку экологического ущерба	- расходы на предварительное расследование на месте; - расходы на обследование и мониторинг; - расходы на обследование места загрязнения; - расходы на оценку риска и расчет ущерба.	на основе фактических понесенных расходов

Расходы на восстановление экологической системы	- расходы на рекультивацию почв; - расходы на восстановление водных ресурсов; - расходы на лесовосстановление; - расходы на восстановление биоресурсов.	либо по фактической стоимости проекта восстановления, либо методом стоимости виртуального управления
---	--	--

Как можно отметить, подход в Китае к расчету экологического ущерба более комплексный и учитывает более широкий спектр понесенных расходов, связанных с ликвидацией негативных изменений в окружающей среде и их восстановления.

Формирование единой методики по расчету экологического ущерба позволяет систематизировать подходы по стоимостной оценке негативного воздействия в различных компонентах экологической системы и получить более достоверные результаты.

Оценка экологического риска основывается на вероятностной оценке возможности возникновения негативных изменений в окружающей среде и количественном расчете вероятного экологического ущерба. Такой подход может быть использован при принятии важных решений с большой неопределенностью, что позволяет оценить финансовые потери в случае наступления неблагоприятных последствий для окружающей среды и выделить приоритетные мероприятия в рамках управления природопользованием [59].

Таким образом, экологические риски и ущерб являются взаимодополняющими понятиями и позволяют оценивать и фиксировать экологическую обстановку в регионе в условиях неопределенности и постоянно изменяющейся эколого-экономической ситуации.

Далее предложен авторский подход к расчету экологического ущерба.

Экологический ущерб связан с принципом платности и выполняет компенсаторную функцию, то есть оценивает последствия его влияния и

компенсирует их в денежном выражении. Для этого необходимо провести всестороннюю оценку ущерба и на основании ее создать методическое обеспечение по эколого-экономической оценке негативного влияния.

В общем представлении сумма всех видов ущерба рассчитывается следующим образом:

$$F_{\text{общ.}} = \sum F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n, \quad (14)$$

где

$F_{\text{общ.}}$ – общая комплексная величина ущерба, наносимого окружающей природной среде, тыс. руб.;

$F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$ – виды ущерба по типам загрязнений окружающей природной среды, тыс. руб.

Предлагается рассматривать ущерб с точки зрения негативного воздействия на окружающую среду, то есть от трех основных компонент: от сброса сточных вод, от отходов, образующихся от производственной и непроизводственной деятельности и от загрязнения атмосферного воздуха.

Универсальная формула для оценки всех трех компонент будет выглядеть следующим образом:

$$F_{\text{нег. возд.}} = f \times \gamma \times \Delta m, \quad (15)$$

где

$F_{\text{нег. возд.}}$ – оценка ущерба от негативного воздействия на окружающую природную среду при загрязнении атмосферного воздуха, сбросе сточных вод, размещении отходов производства и потребления, тыс. руб./год;

γ – региональный коэффициент влияния на окружающую природную среду, б/р;

f – удельная величина денежной оценки ущерба окружающей природной среды на единицу загрязнения, тыс. руб.;

Δm – разность масс до и после осуществления загрязнения, т/год.

Диапазон значений регионального коэффициента влияния на окружающую природную среду (γ) представлен в таблице 16.

Таблица 16. Диапазон значений коэффициента γ , усредненный на региональном уровне

Тип влияния на окружающую среду	Диапазон значений коэффициента
Общерегionalное превышение отсутствует, все значения находятся в пределах нормы.	0,1-0,85
На уровне региона значения превышают установленные нормы.	0,86 – 1,2
На уровне региона значения существенно выше установленных норм.	1,21 – 1,5
На уровне региона значения критические.	1,6-2

Полученные результаты дают возможность оценить эколого-экономическое влияние на окружающую природную среду в контексте ведения хозяйственной деятельности конкретным предприятием (табл. 17).

Таблица 17. Оценка ущерба от предприятий машиностроения Курганской области, тыс. руб.

Наименование предприятия	Ущерб от загрязнения воздуха	Ущерб от сброса сточных вод	Ущерб от образования отходов	Итоговый ущерб
ПАО «Кургансельмаш»	2 782,5	972,0	1 191,7	4 946,2
ООО «Завод деревообрабатывающих станков»	4 148,3	344,1	21 930,2	26 422,7
ПАО «Курганприбор»	15,5	39,2	227,2	281,9
ПАО «Буровые установки Кургана»	216,0	0,0	199,3	415,3
ПАО «Курганхиммаш»	229,7	470,2	697,2	1 397,1

ПАО «Курганавторемонт»	22,5	74,5	206,9	303,9
ООО «Курганский автобусный завод»	906,6	1 143,6	1 130,8	3 181,0
ПАО «Курганский завод магнитных изделий»	444,6	328,8	454,0	1 227,4
ПАО «Курганские прицепы»	412,1	711,8	623,6	1 747,4
ООО «Курганский завод нестандартного оборудования»	348,0	187,8	713,6	1 249,4
ООО «Курганский кабельный завод»	167,8	175,5	417,3	760,6

Таким образом, основной ущерб окружающей среде наносят такие предприятия машиностроительной отрасли как ООО «Завод деревообрабатывающих станков», ПАО «Кургансельмаш».

Разделение по видам ущерба на примере Курганской области представлено на рисунке 26.



Рис. 26. Разграничение ущербов по видам на примере Курганской области, тыс. руб.

Таким образом, ущерб от сброса сточных вод и ущерб от образования и размещения отходов являются основными в Курганской области, и в регионе существуют проблемы перенасыщения отходами производства и потребления и существенного загрязнения атмосферного воздуха.

Оценка экологического ущерба – это действенный инструмент анализа состояния сформированной эколого-экономической ситуации в регионе, позволяющий создать наилучшие экологические условия и существенно снизить экологическую нагрузку промышленных предприятий на регион.

3.3. Разработка принципов применения цифровых технологий для оценки экологического ущерба и рисков в регионах России

В настоящее время информационное обеспечение и процессы цифровизации развиваются во всех сферах жизни общества, особенно это касается такого инструмента как искусственный интеллект, так как данный инструмент может помогать в принятии решений. Проведем краткий обзор инструментов цифровизации, которые могут быть использованы в оценке, защите и охране окружающей природной среды.

1. Использование дронов для контроля за территорией

Дроны являются универсальным цифровым инструментом и достаточно удобны для отслеживания ситуации на подконтрольной территории. Широко применяются в сельскохозяйственной деятельности и позволяют комплексно оценивать ситуации и впоследствии принимать определенные меры. Дроны управляются человеком, в основном позволяют осуществлять функции контроля и отслеживания и существенно упрощать работу человека при обследовании значительных территорий и территориальных комплексов.

2. Использование роботизированных технологий

Применение инструментов роботизации возможно при переработке, а также сбора отходов как производственного, так и непроизводственного характера. Роботы могут осуществлять сбор отходов, за рубежом данные

технологии применяются как в отдельных районах и городах, так и в промышленных масштабах. Использование роботов является дорогостоящей технологией, что не позволяет в полном объеме решить проблемы сбора и утилизации отходов в регионе, при этом мы считаем применение отдельных роботов нецелесообразным, так как в действии должен участвовать робототехнический комплекс, который позволит не только контролировать, но и снижать негативное воздействие. Робототехнический комплекс может полностью заменять процессы сортировки, что исключит ручной труд в данном направлении и создаст благоприятные условия для окружающей природной среды и ее последующего сохранения в интересах будущих поколений.

3. Использование геоинформационных систем

Геоинформационные системы (ГИС) применяются достаточно часто для контроля и анализа ситуации, а также для накопления статистической информации на определенной территории. ГИС фокусируют внимание на исследуемой территории и позволяют отражать происходящие события в реальном времени, что дает возможность создать систему комплексного анализа и разработать мероприятия по защите окружающей природной среды и рациональному использованию природных ресурсов. ГИС позволяют создавать карты-схемы и графические образы объектов, отражая определенную территорию и ее особенности.

ГИС позволяют [22]:

- осуществлять сбор, анализ и накопление данных о состоянии окружающей природной среды в регионах;
- проводить оценку экологических рисков как для конкретных объектов, так и на уровне региона и территориальных комплексов;
- проводить имитационное моделирование ситуаций по загрязнению окружающей среды и нерациональному использованию природных ресурсов регионов.

Таким образом, применение ГИС-технологий позволяет сократить негативное влияние и контролировать антропогенное загрязнение на территориях регионов.

4. Технологии дистанционного зондирования

Использование данной технологии направлено на применение информации о поверхности Земли с помощью специализированных датчиков, которые могут быть расположены на спутниках и специализированных устройствах.

Применяется в следующих видах природопользования:

- для мониторинга и изучения лесных массивов;
- для осуществления картографирования и фиксации лесного фонда регионов;
- оценка и мониторинг антропогенного воздействия на окружающую природную среду во всех направлениях деятельности: оценка загрязнения атмосферного воздуха, почвенного покрова, оценка влияния отходов производственного и непроизводственного типа на окружающую природную среду, оценка сброса сточных вод на качество водных объектов.

5. Использование технологий искусственного интеллекта в природопользовании и принятии решений

В настоящее время защита окружающей среды и внедрение принципов устойчивого развития существенно влияют на эколого-экономическую обстановку в регионах и направлены на совершенствование системы управления природоохранными процессами. Для реализации данных принципов охраны и защиты окружающей природной среды необходимо задействовать информационные и цифровые решения, позволяющие осуществлять контроль за загрязнением, образующимся от промышленных объектов в регионе [46].

Применение ИИ позволит снизить трудоемкость и осуществлять более точный контроль за формированием и изменением эколого-экономической

обстановки в регионах. ИИ позволит применять эффективные решения для реализации задач по снижению экологической нагрузки на регион.

Для осуществления данных функций можно использовать информационные системы либо разработки, базирующиеся на искусственном интеллекте. Изначально информационная система / искусственный интеллект проводит мониторинг данных на объекте по статистической информации предыдущих периодов и оценку негативного влияния на исследуемой территории. Далее программа / ИИ прогнозирует изменения аналитических условий, то есть формирует благоприятный сценарий эколого-экономической ситуации и накладывает его на сложившиеся природно-географические условия территории, что дает возможность сфокусироваться на стратегии развития и экологизации технологических процессов. Затем осуществляется прогнозирование эколого-экономической ситуации в регионе на среднесрочную (до 5 лет) и долгосрочную перспективы (до 20 лет) (рис. 27).

Далее формируются вероятностные условия развития благоприятной ситуации в зависимости от функционирования производства и последующих возможностей снижения объемов загрязнения окружающей природной среды. Использование данного алгоритма позволит существенно снизить объемы загрязнений по всем параметрам деятельности промышленного предприятия и повысить качество жизни в исследуемом регионе.



Рис. 27. Использование искусственного интеллекта для контроля и прогноза объемов выбросов, сбросов, отходов и их влияния на окружающую природную среду (разработано автором)

Апробация предложения осуществлялась в компании АО «СЛСИ-РУС» на одном из дочерних предприятий, занимающимся изготовлением буровых установок. Производство расположено в городе Кургане. Отметим, что данный регион входит в 13 самых загрязненных регионов России. Производство имеет типовой технологический процесс и основным негативным влиянием являются выбросы в атмосферный воздух, хотя на 2025 год они находятся в пределах установленных норм.

Применение искусственного интеллекта на всех этапах деятельности организации возможно и позволит полностью контролировать технологический процесс с минимизацией негативного воздействия на окружающую природную среду. В данном случае программа на основе

искусственного интеллекта будет функционировать по следующему алгоритму, представленному в таблице 18.

Таблица 18. Апробация алгоритма внедрения искусственного интеллекта в деятельность производственного предприятия

Наименование	Результаты апробации
Цель	Минимизация негативного воздействия на окружающую среду, в частности на загрязнение атмосферного воздуха с 25% до 5% в среднесрочной перспективе.
Оценка экологической ситуации на объекте	Объект относится к предприятию 4 класса, то есть экологически не опасному, присутствуют производственные и непроизводственные отходы в минимальном количестве, наиболее существенный – выбросы вредных газов.
Негативное влияние на территорию	Минимально за счет рассеивания газов на этапах механообработки (15 станков), сварочное производство (12 станков), участок абразивной обработки и окраски.
Совмещение информации в искусственном интеллекте	Искусственный интеллект, с одной стороны, будет контролировать производственные процессы и налаживать необходимые режимы для минимального негативного воздействия, а с другой стороны, позволит прогнозировать изменение эколого-экономической ситуации в регионе и вклад конкретного производства.
Прогноз эколого-экономической обстановки в регионе в условиях внедрения искусственного интеллекта в производственные процессы	Воздействие предприятия низкое и его возможно снизить до минимума, прогноз снижения воздействия вероятен, снижение возможно до 5-7% за счет общего снижения на каждом из этапов производства.

Таким образом, использование искусственного интеллекта позволит контролировать экологическую деятельность конкретного предприятия и

постепенно минимизировать его негативное воздействие на окружающую природную среду.

Итак, можно сделать следующие выводы по третьей главе диссертационного исследования:

В настоящее время в регионах существенной проблемой является загрязнение окружающей среды от воздействия промышленного комплекса, для определения уровня воздействия необходимо оценивать и рассчитывать экологические риски в динамике и определять проблемные зоны в регионах, что впоследствии даст возможность разрабатывать корректирующие мероприятия для улучшения эколого-экономической ситуации в регионе.

Рассмотрены особенности оценки экологического ущерба, выявлена взаимосвязь между экологическими рисками и ущербом и представлены методики оценки ущерба, также разработана авторская методика оценки экологического ущерба с учетом региональной обстановки, позволяющая определить проблемные аспекты с точки зрения управления окружающей средой и снижением негативного влияния. Экологические риски и ущерб являются взаимосвязанными, но не тождественными понятиями. В исследовании предложена методика оценки экологического ущерба, учитывающая региональную составляющую.

Экологические риски позволяют спрогнозировать вероятность последующего негативного воздействия от хозяйственной деятельности промышленного комплекса на окружающую природную среду. Для апробации авторской методики была взята Курганская область и основные предприятия, относящиеся к машиностроительному комплексу. В последние годы в Курганской области сложилась сложная эколого-экономическая обстановка, поэтому комплексная оценка ущерба позволит решить данные вопросы и определить потенциально опасные для экологической ситуации предприятия и разрабатывать для них отдельные программы по эколого-экономической деятельности.

В исследовании представлены инструменты цифровизации, которые могут быть применены для природоохранной деятельности, проведен их анализ и выделено, что самым перспективным является искусственный интеллект. Представлен алгоритм внедрения искусственного интеллекта в деятельность региона и его участие в мониторинге окружающей среды и контроле хозяйственной деятельности в регионе. Использование ИИ позволит снизить трудоемкость и повысить влияние контролирующих функций, что нацелено на улучшение эколого-экономической обстановки в регионах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промышленные предприятия существенно влияют на загрязнение окружающей природной среды региона. В основном это воздействие связано со сбросом сточных вод в поверхностные водные объекты, загрязнением атмосферного воздуха, образованием и размещением отходов производственного и непроизводственного типа.

В настоящее время необходимо, чтобы органы государственной власти и местного самоуправления в регионе выработали стратегию по управлению региональным развитием, в результате которой промышленные предприятия должны будут снизить негативное влияние на окружающую среду в регионе, что позволит обеспечить достойное качество жизни на региональном уровне и создать благоприятные условия для настоящих и будущих поколений. Необходимо обязать промышленные предприятия компенсировать ущерб, который они наносят окружающей природной среде в результате своей хозяйственной деятельности. Для этого необходимо сформировать методическое обеспечение: разработать методики расчета и оценки экологических рисков и экологического ущерба, наносимого окружающей природной среде в результате хозяйственной деятельности промышленных предприятий.

Экологические риски характеризуются существенной неопределенностью и могут быть рассмотрены с помощью качественных и количественных методов. Экологизация производственных процессов предприятия позволит снизить экологические риски и улучшить эколого-экономическую ситуацию в регионе. Автор разработал методику оценки экологических рисков, возникающих в результате производственной деятельности промышленных предприятий, учитывающую региональные коэффициенты и фактические массы загрязнения. Экологические риски позволяют оценить и определить потенциально опасные промышленные предприятия и спрогнозировать их негативное воздействие на среднесрочную

перспективу, а также оценить эколого-экономические последствия хозяйственных решений предприятий.

Также важным направлением является минимизация ущерба, наносимого окружающей природной среде в результате хозяйственной деятельности промышленных предприятий. Автор разработал методику оценки ущерба от принятия хозяйственных решений промышленными предприятиями в регионах Российской Федерации, которая является точной и позволяет впоследствии компенсировать негативное влияние промышленных предприятий региона.

После разработки методического обеспечения по экологизации возможно ввести искусственный интеллект для контроля и отслеживания эколого-экономической ситуации в регионах Российской Федерации. Использование инструментов цифровизации обеспечит необходимые результаты и позволит осуществлять планомерный контроль как за эколого-экономической ситуацией, так и за деятельностью конкретных предприятий.

Апробация методик осуществлена на данных промышленного комплекса Курганской области, где в качестве выборки для исследования были взяты промышленные предприятия, относящиеся к машиностроительной отрасли. Данный регион в настоящее время не отличается стабильной эколого-экономической обстановкой, что и было подтверждено в ходе проведенного автором исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ (ред. от 28.12.2024) «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации»
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ
3. Федеральный закон «Водный кодекс Российской Федерации» от 16.11.1995 № 167-ФЗ
4. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 №52-ФЗ
5. Федеральный закон «О защите населения территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 №68-ФЗ
6. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ
7. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.09.1999 № 96-ФЗ
8. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 N 2398 (ред. от 18.12.2024) «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий»
9. Руководящие принципы, обеспечивающие общее понимание термина «ущерб окружающей среде», как он определен в статье 2 Директивы 2004/35/ЕС Европейского парламента и Совета об экологической ответственности в отношении предотвращения и устранения ущерба окружающей среде (2021/C 118/01) [Электронный ресурс]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021XC0407%2801%29&qid=1617956961808> (дата обращения: 24.05.25)
10. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 – Менеджмент риска. Принципы и руководство. -М.: Стандартинформ, 2012.

11. Авдотьин, В. П., Пющиков, В. Г., Кудинов, А. А. Экономические механизмы регулирования уровня риска природных катастроф: международный опыт / Москва: Российский университет дружбы народов, 2020. - 295 с.
12. Акимов, В. А., Лесных, В. В., Радаев, Н. Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике / М-во Рос. Федерации по делам гражд. обороны, чрезвычайн. ситуациям и ликвидации последствий стихийн. бедствий. - Москва: Деловой экспресс, 2004. - 348 с.
13. Акимов, В. А., Соколов, Ю. И. Риски при обращении с отходами производства и потребления / В. А. Акимов, Ю. И. Соколов. - Москва: ФГБУ ВНИИ ГОЧС., 2014. - 369 с.
14. Алешин, И. В., Портной, А. С. Экологический риск при освоении ресурсов Мирового океана: монография / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «С.-Петербург. гос. мор. техн. ун-т». - Санкт-Петербург: Изд-во СПбГМТУ, 2012. - 174 с.
15. Ануфриев, В. П., Гудим, Ю. В., Каминов, А. А. Устойчивое развитие. Энергоэффективность. Зеленая экономика: монография / Москва: ИНФРА-М, 2021. – 200 с.
16. Арсанукаев, Р. Х. Стратегия устойчивого развития как научная проблема: монография / Грозный: Изд-во Чеченского государственного университета, 2015. - 122 с.
17. Ахмадеев, Р. Г., Зацарная, Н. А., Колчин, С. П. Риски устойчивого развития и ESG-трансформация государства, бизнеса и общества: монография / Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова. - Москва: ЮНИТИ, 2024. - 215 с.
18. Барабаш, В. А., Сидоров С. П. Анализ взаимного влияния экономических субъектов с использованием меры риска CoVaR на примере российских компаний // Корпоративные финансы. - 2014. - № 1 (29). - С. 75-84.

19. Байчоров, В. М., Тишиков, Г. М., Рощина, Н. Н. Экологические риски и оценка состояния водостоков Беларуси / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т зоологии. - Минск: Белорусская наука, 2006. - 116 с.
20. Березнев, С. В., Куманеева, М. К. Устойчивое развитие промышленного региона: социально-экономические и пространственные аспекты: монография / Москва: Профессор, 2015. - 182 с.
21. Бертонцель, А., Бервар, М., Мешко, М. Устойчивое развитие: экономические, социальные и экологические аспекты / Москва: Центр Книги Рудомино, 2014. - 317 с.
22. Бикбаев, В. М. Устойчивое развитие и безопасность: монография / М-во обороны Рос. Федерации, Новосиб. высш. воен. командное уч-ще, Каф. иностр. яз. - Новосибирск: НВВКУ, 2016. - 126 с.
23. Викторов, А. А., Ксенофонтов, А. И., Морозова, Е. Е. Экологические риски здоровью населения: монография / Нац. исслед. ядерный ун-т «МИФИ». - Москва: НИЯУ МИФИ, 2014. - 152 с.
24. Водолажская, Е. Л. Устойчивое развитие как вектор высокотехнологичного потенциала промышленности: монография / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань: 2020. - 116 с.
25. Гарипов, Р. И., Гарипова, Е. Н. Устойчивое развитие экономических систем: теоретико-методологические подходы: монография / ЧОУ ВПО «Южно-Уральский ин-т упр. и экономики». - Челябинск: Полиграф-Мастер, 2009. - 193 с.
26. Гершанок, Г. А. Устойчивое развитие локальной территории на основе эффективной добычи природных ресурсов / Препринт. - Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2005. - 46 с.

27. Голубева, Н. А. Методы оценки, нанесенного экологического ущерба и расчет природоохранных платежей / Российский ун-т дружбы народов, Экономический фак. - Москва: Российский ун-т дружбы народов, 2009. - 36 с.
28. Гольдштейн, Г.Я. Стратегический инновационный менеджмент: тенденции, технологии, практика. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. - 190 с.
29. Глушенкова, Е. И. Устойчивое развитие как концептуальная основа стратегии национальной безопасности России / Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. - М.: ИМЭМО РАН, 2004. - 101 с.
30. Гришина, Н. П. Риск-ориентированное управление // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками: материалы V Междунар. молодежной науч.-практ. конф. - Саратов: ООО Изд-во «Научная книга», - 2016. - С. 187-191.
31. Гузей, В. А. Теоретические и методологические основы устойчивого развития экономического субъекта: монография / Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). - Ростов-на-Дону; Азов: АзовПринт, 2021. - 207 с.
32. Дамбаева, Г-Х. Б. Устойчивое развитие природы и общества: информационные аспекты / Федер. агентство по образованию, Бурят. гос. ун-т. - Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2008. - 101 с.
33. Демина, Т. Я., Шаяхметова, Л. Р. Экологические риски при захоронении токсичных отходов и оценка их влияния на природные геосистемы: монография / Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2010. - 111 с.
34. Журавлев, Ю. В., Подмолодина, И. М., Лазарев, И.Н. Устойчивое развитие предприятий и механизмы его обеспечения: монография / Воронеж: ЦНТИ, 2014. - 175 с.
35. Ибрагимова, Г.Е. Разведывательные структуры (Intelligence services) в деятельности транснациональных корпораций: цели, формы деятельности,

взаимодействие с национальными спецслужбами / Г.Е. Ибрагимова, А.К. Шаймуратова // Экономика и управление: проблемы, тенденции, перспективы развития: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 19 апр. 2018 г.) / редкол.: Б.К. Мейманов [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс». - 2018. - С. 203-207.

36. Иванов, А. В., Куролап, С. А., Клепиков, О. В. Идентификация экологически опасных объектов и прогнозирование техногенных последствий их поражения: [монография] / Воронеж: Научная книга, 2017. - 177 с.

37. Каз, Е. М., Краковецкая, И. В., Нехода, Е. В., Редчикова, Н. А. Бизнес-модели компаний и устойчивое развитие: монография / Национальный исследовательский Томский государственный университет. - Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2020. - 213 с.

38. Касьянова, Н. А. Экологические риски и геодинамика / М.: Науч. мир, 2003. - 330 с.

39. Когденко, В.Г. Методика финансового анализа компаний цифровой экономики // Учет. Анализ. Аудит. – 2018. - том 5. - № 3. - С. 94-109.

40. Кондратьев, Г. Г. Моделирование социальных и экономических систем на предприятиях ТЭК / МГГУ. - Препр. - М. : Изд-во МГГУ, 2004. - 35 с.

41. Корнеев, Д.В. Новый подход к диагностике системы риск-менеджмента в интегрированных предпринимательских структурах // Российское предпринимательство. - 2015. - Том 16. - № 10. - С. 1469-1482.

42. Коробов, Е. А. Риски сырьевой модели роста российской экономики // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками: материалы V Международной молодежной науч.-практической конференции. -Саратов: ООО Изд-во «Научная книга». - 2016. - С. 246-251.

43. Коротковская, Е. С. Перспективы страхования рисков инновационной деятельности в реальном секторе экономики // Стратегия развития страховой

деятельности в РФ: первые итоги, проблемы, перспективы: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. -Ярославль: ЯрГУ. - 2015. - С. 377-381.

44. Коротковская, Е. С., Смолов Ф. М. Бизнес-план технопарка как форма нивелирования рисков инновационной деятельности // Математическое моделирование в экономике, страховании и управлении рисками: сборник материалов IV Междунар. молодежной науч.-практ. конф. : в 2 т. Т. 2. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. - 2015. - С. 142-147.

45. Кремлев, Н. Д. Устойчивое развитие региона в период нестабильности: (на примере Курганской области): монография / Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Курганский гос. ун-т». - Курган: Редакционно-издательский центр КГУ, 2015. - 232 с.

46. Кудинова, Г. Э. Устойчивое развитие экономико-экологических систем Самарского региона / Ин-т экологии Волж. бассейна, Каф. ЮНЕСКО при ИЭВБ РАН «Изучение и сохранение биоразнообразия экосистем Волж. Бассейна», М-во образования и науки Рос. Федерации, Сам. гос. экон. ун-т, Тольят. гос. ун-т. - Тольятти: Кассандра, 2013. - 131 с.

47. Куролап, С. А., Клепиков, О. В., Прожорина, Т. И. Экологические риски территорий интенсивного техногенного освоения: монография / Российский фонд фундаментальных исследований. - Воронеж: Цифровая полиграфия, 2019. - 190 с.

48. Левкевич, В. Е. Экологический риск - закономерности развития, прогноз и мониторинг / Гос. науч. учреждение «Ин-т экономики Нац. акад. наук Беларуси». - Минск: Право и экономика, 2004. - 151 с.

49. Лиман, И. А., Терехова, С. А., Абдрашитов, Р. А. Устойчивое социально-экономическое развитие: национальный и региональный аспекты: коллективная монография / ВПО Тюменский государственный университет, Финансово-экономический институт. - Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2013. - 261 с.

50. Ли, Шобин, Бездудная, А.Г. Разработка эколого-экономических подходов и цифрового инструментария для улучшения процессов принятия решений на предприятии: монография // СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2025. – 102 с.
51. Ли, Шобин Практика применения математического аппарата экспресс оценки стоимости вертикально-интегрированной компании // Экономика строительства. – 2024. – №10. – С. 350 - 365.
52. Ли, Шобин К вопросу о практике применения математических инструментов предварительной оценки инвестиционных проектов в предпринимательской среде // Экономика строительства. – 2024. – №11. – С. 401 - 412.
53. Ли, Шобин Устойчивое развитие предприятий и организаций в современной действительности // Финансовые рынки и банки. – 2025. – №5. – С. 58-62.
54. Ли, Шобин Исследование влияния экологических рисков на эколого-экономическую ситуацию в регионе // Экономика строительства. – 2025. – №2. – С. 210 – 216.
55. Ли, Шобин, Веретехова, С.В. Математическое прогнозирование динамики нефтяных цен с целью формирования маркетинговой стратегии России на международном рынке углеводорода // Инновации и инвестиции. - № 11. – 2024. – С. 497-510.
56. Ли, Шобин Практика применения математического инструментария корреляционно-регрессионного анализа к оценке потенциала развития регионов РФ // Финансовые рынки и банки. - №1. – 2025. – С. 41- 49.
57. Ли, Шобин Развитие математического инструментария выявления барьеров роста инновационной активности предприятий и отраслей // Инновации и инвестиции. - №2. – 2025. – С. 30- 35.
58. Ли, Шобин Экологические риски от воздействия производственных отходов в регионе // Экономика устойчивого развития. - №2. – 2025. – С. 115-123.

59. Ли, Шобин Экологический ущерб как разновидность риск-ориентированного подхода в управлении природопользованием // Проблемы современной экономики. - № 2. – 2025. – С. 122-128.
60. Ли, Шобин Методология управления рисками инновационной деятельности бизнеса в условиях развития цифровой экономики // Финансовые исследования. - 2019. - № 4 (65). – С. 48-56.
61. Лытнева, Н. А. Концептуальные направления совершенствования системы управления устойчивым развитием промышленных предприятий / М-во образования и науки Российской Федерации, Орловский гос. ин-т экономики и торговли. - Орел: Изд-во ОрелГИЭТ, 2014. - 108 с.
62. Меренкова, И. Н. Устойчивое развитие сельских территорий: теория, методология, практика / Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение НИИ экономики и орг. агропром. комплекса Центр.-Чернозем. р-на Рос. Федерации. - Воронеж: ГНУ НИИЭОАПК ЦЧР России Россельхозакадемии, 2011. - 260 с.
63. Музалевский, А. А., Карлин, Л. Н. Экологические риски: теория и практика / М-во образования и науки Рос. Федерации, Рос. гос. гидрометеорол. ун-т. - Санкт-Петербург: РГГМУ, 2011. - 446 с.
64. Олейник, К. А. Экологические риски в предпринимательской деятельности: (Вопр. методологии) / М.: Анкил, 2002. - 203 с.
65. Омаров, Г. З. Устойчивое развитие региональной экономики: проблемы и пути решения: [монография] / Москва: Авторская книга, 2018. - 199 с.
66. Очирова, Е. Л. Устойчивое развитие современной экономики: экологические аспекты: монография / М-во сел. хоз-ва РФ, Деп. науч.-технол. политики и образования, ФГБОУ ВПО «Бурят. гос. с.-х. акад. им. В.Р. Филиппова». - Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2011. - 128 с.
67. Перов, Г.О. Особенности формирования системы индикаторов «цифровой экономики» в России // Вестник Ростовского государственного экономического университета. – 2019. - № 1 (65). - С. 96-106.

68. Перов, Г.О. Роль моделей предпринимательской деятельности в формировании «цифровой экономики» региона // Вестник Ростовского государственного экономического университета. – 2018. - № 3 (63). - С. 21-29.
69. Попов, Е. С. Экологический императив и национальная безопасность: проблемы и перспективы: монография / Новочеркасск: НОК, 2022. - 158 с.
70. Попов, А. И., Шерстнев, А. В., Попов, А. А., Ильченко, А. А. Экономическая оценка рисков в системе управления экологической и промышленной безопасностью на производственных объектах / Саратовский гос. технический ун-т. - Саратов: Саратовский гос. технический ун-т, 2012. - 170 с.
71. Порфирьев, Б. Н. Природа и экономика: риски взаимодействия: (эколого-экономические очерки) / Москва: Анкил, 2011. - 351 с.
72. Прущак, О. В. Устойчивое развитие продовольственного комплекса региона: теория, проблемы, методы / Саратов: Изд. центр Сарат. гос. соц.-экон. ун-та, 2003. - 259 с.
73. Русакова, В. В., Казак, А. С., Башкин, В. Н. Управление экологическими рисками в газовой промышленности / О-во с ограниченной ответственностью «Газпром ВНИИГАЗ». - Москва: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. - 199 с.
74. Сактоев, В. Е., Садыкова, Э. Ц. Устойчивое развитие региональной экономической системы с экологической регламентацией / Москва: Экономика, 2011. - 295 с.
75. Силакова, В. В. Экономические механизмы управления технологическими рисками в промышленности: монография / Воронеж: Научная книга, 2012. - 120 с.
76. Тишин, В. Г. Устойчивое развитие регионов: роль и место управления рисками в этом процессе: [монография] / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет». - Ульяновск: УлГТУ, 2015. - 276 с.

77. Угольников, Г. А. Устойчивое развитие организаций: системный анализ, математические модели и информационные технологии управления / Москва: Физматлит, 2011. - 318 с.
78. Угрюмова, Н. В., Копченков, А. А., Перемозова, О.В. Устойчивое развитие России в условиях глобальных изменений: монография / Федер. гос. образоват. бюджет. учреждение высш. образования Финансовый ун-т при Правительстве Рос. Федерации (Челябинский фил.). - Челябинск: Челябинский Дом печати, 2016. - 199 с.
79. Узких, Ю.А., Тыщенко, Е.А. Риск-менеджмент в инновационной среде: сущность базовых понятий // Креативная экономика. - 2010. - Том 4. - № 9. - С. 24-30.
80. Умаханов, М. И., Шахпазова, Р. Д. Устойчивое развитие региона: модель, основные направления, концепции: монография / Москва: ЮНИТИ: Закон и право, 2006. - 141 с.
81. Хагуров, А. А. Устойчивое развитие сельских территорий: проблемы и перспективы: монография / ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», Институт социологии ФНИСЦ РАН. - Краснодар: КубГАУ, 2023. - 254 с.
82. Хасин, В. В. Риск и развитие рискогенной системы // Математическое моделирование в экономике, страховании и управлении рисками: сборник материалов IV Междунар. молодежной науч.-практ. конф. : в 2 т. Т. 2. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. - 2015. - С. 276-279.
83. Хаустов, А. П., Редина, М. М., Силаева, П. Ю. Экологическое проектирование и риск-анализ / Москва: Российский университет дружбы народов, 2008. - 319 с. 81. Шмаль, А. Г. Факторы экологической опасности и экологические риски / Московская обл.: МУП «Бронницкие новости – Телевидение», 2010. - 191 с.
84. Чусов, А. Н., Шилин, М. Б., Абрамов, В. М., Жигульский, В. А. Управление природными рисками: монография / Санкт-Петербургский политехнический

университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт, Высшая школа гидротехнического и энерготехнического строительства. - Санкт-Петербург: Политех-Пресс Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2024. - 402 с.

85. Юрина, В. С. Устойчивое развитие и экологический аудит социо-эколого-экономических систем территориально-промышленных комплексов: [монография] / Институт экологии Волжского бассейна, Кафедра ЮНЕСКО при ИЭВБ РАН «Изучение и сохранение биоразнообразия экосистем Волжского бассейна», Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет сервиса». - Тольятти: Кассандра, 2017. - 159 с.

86. Afzal, A., Khan, M.M., Mujtaba, B.G. The impact of project manager's competencies, emotional intelligence and transformational leadership on project in the information technology sector // Marketing and Management of Innovations. – 2018. - № 2. - PP. 142-154.

87. Agrawal, A., Gans, J.S., Goldfarb, A. What to Expect from Artificial Intelligence // MIT Sloan Management Review. – 2017. - vol. 58. - № 3.

88. Aguirre-Bastos, C., Weber, M.K. Foresight for shaping national innovation systems in developing economies // Technological Forecasting and Social Change, Elsevier. – 2018. - vol. 128(C). - PP. 186-196.

89. Anderson, N., Potočník, K., Zhou, J. Innovation and creativity in organizations: a state-of-the-science review, prospective commentary, and guiding framework // Journal of Management. – 2014. - № 40. - PP. 1297–1333.

90. Antikainen, M., Vaataja, H. Rewarding in open innovation communities. How to motivate members? // International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management. – 2010. - vol. 11. - № 4. - PP. 18-26.

91. Ayyub, B.M. Elicitation of Expert Opinions for Uncertainty and Risks. -Boca Raton: CRC Press. - 2001.

92. Azari, M.J., Madsen, T.K., Moen, Ø. Antecedent and outcomes of innovation-based growth strategies for exporting SMEs // Journal of Small Business and Enterprise Development. 2017. - vol. 24. - № 4. - PP.733-752.
93. Bashmakov, A.I., Popov, V.V., Zhedyaevskii, N.D., Chikichev, N.D., Voyakin, A.E. Generic Heurorithm of Innovation Management from Generating Ideas to Commercialization // European Research Studies Journal. – 2015. - vol. 18. - № 4. - PP. 47 -56.
94. Begg, I. Cities and Competitiveness // Urban Studies. – 1999. - vol. 36. - № 5-6. - PP. 795-810.
95. Berawi, M.A. Process and Product Optimization Using Value Engineering/Value Management // Journal of the Society of American Value Engineers (SAVE) International. – 2009. - vol. 31. - № 3. - PP. 2-3.
96. Betten, A.W., Rerimassie, V., Broerse, J.E.W., Stemerding, D., Kupper, F. Constructing future scenarios as a tool to foster responsible research and innovation among future synthetic biologists // Life Sciences, Society and Policy. – 2018. - № 14. - PP. 1 - 20.
97. Biekart, K. Contributing to civic innovation through participatory action research // European Public & Social Innovation Review (EPSIR). – 2017. - vol. 2. - № 1. - PP. 34-44.
98. Bijker, W.E., Hughes, T.P., Pinch, T.J. (eds.). The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology. -Cambridge Massachusets: MIT Press. - 2012.
99. Bloomfield, R., Buzna, L., Popov, P., Salako, K., Wright, D. Stochastic Modeling of the Effects of Interdependencies between Critical Infrastructure / Rome E., Bloomfield R. (Eds.): CRITIS 2009, LNCS 6027. -Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. - 2010. - PP. 201-212.
100. Boekholt, P. The Evolution of Innovation Paradigms and their Influence on Research, Technological Development and Innovation Policy Instruments / In: R. Smits S. Kuhlmann P. Shapira (eds.). The Theory and Practice of Innovation

- Policy—An International Research Handbook. -Cheltenham, Edward Elgar. - 2010. - PP. 333–359.
101. Boholm, Å., Corvellec, H., Karlsson, M. The practice of risk governance: lessons from the Field // *Journal of Risk Research*. – 2012. - № 15. - PP. 1-20.
102. Borgelt, K., Falk, I. The leadership/ management conundrum: Innovation or risk management // *Leadership and Organization Development Journal*. -2007. - vol. 28. - No. 2. - PP. 122–136.
103. Botcheva, L., Shih, J., Huffman, L.C. Emphasizing Cultural Competence in Evaluation // *American Journal of Evaluation*. – 2009. - vol. 30. - № 2. - PP. 176-188.
104. Brown, T., Beyeler, W., Barton, D. Assessing infrastructure interdependencies: the challenge of risk analysis for complex adaptive systems // *International Journal of Critical Infrastructures*. – 2004. - vol. 1. - № 1. - PP. 108-117.
105. Butterworth, M. The emerging role of the risk manager. / In: J. Pickford, J (Ed.), *Mastering Risk, Volume 1: Concepts*. -London: Financial Times-Prentice Hall. - 2001.
106. Calow, P. Environmental risk assessment and management: the what's, whys and how's? / In: Calow P. (eds.). *Handbook of environmental risk assessment and management*. -Oxford: Blackwell Science. - 1998. - PP. 1-8.
107. Castellacci, F., Mee, Lie C. Do the Effects of R&D Tax Credits Vary Across Industries? A Meta-regression Analysis // *Research Policy*. – 2015. - vol. 44. - № 4. - PP. 819–832.
108. Cederquist, A., Golüke, U. Teaching with scenarios: a social innovation to foster learning and social change in times of great uncertainty // *European Journal of Futures Research*. – 2016. - vol. 4. - № 1. - PP. 1-8.
109. Ceniceros, R. Police Agencies Look to Peers for Risk Management Advice // *Business Insurance*. – 1998. - August 10. - PP. 16-17.

110. Central Intelligence Agency (CIA). A Tradecraft Primer: Structured Analytic Techniques for Improving Intelligence Analysis [Pamphlet]. -Washington, DC: United States Government (USG). - 2009.
111. Chapman, C., Ward, S. Project Risk Management- Process, Techniques and Insights, 2nd ed. -Chichester, UK: J Wiley. - 2003.
112. Chesbrough, H. Open Innovation. The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. -Boston: Harvard University Press. - 2003.
113. China NBS, The New Momentum and New Economy are growing robustly / New Economy Report. – Běijīng: China Statistics Press. - 2017.
114. Colwell, K., Narayanan, V.K. Foresight in economic development policy: Shaping the institutional context for entrepreneurial innovation //Futures, 2010. - vol. 42. - № 4 (May). - PP. 295-303.
115. Corvellec, H. The practice of risk management: Silence is not absence // Risk Management. – 2009. - № 11. - PP. 285-304.
116. Deisler, P.F., Jr. The risk management-risk assessment interface // Environmental Science and Technology. – 1988. - vol. 22. - № 1. - PP. 15-19.
117. DeLaurentis, D.A. A taxonomy-based perspective for systems of systems design methods / In: Systems, Man and Cybernetics, 2005 IEEE International Conference. – 2005. - vol. 1. - PP. 86-91.
118. DIGITAL Economy Monitoring Report 2018. /Weber T., Bertschek I., Ohnemus J., Ebert M. (ed.). - Berlin, Germany: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. - 2018.
119. Douglas, M., Wildavsky, A. Risk and Culture. -Berkeley, CA: University of California Press. - 1982.
120. Drew, S.A.W. Building technology foresight: using scenarios to embrace innovation // European Journal of Innovation Management. – 2006. - vol. 9. - № 3. - PP. 241-257

121. Dunska, M., Salkovska, J., Batraga, A., Braslina, L. Consumer behavior in innovative products purchasing process // Marketing and Management of Innovations. – 2018. - № 3. - PP. 276-289.
122. Edler, J., Fagerberg, J. Innovation policy: what, why, and how // Oxford Review of Economic Policy. – 2017. - vol. 33. - № 1 (January). - PP. 2–23
123. Edquist, C. The Choice of Innovation Policy Instruments // Technological Forecasting and Social Change. – 2013. - № 80. - PP. 1513–1522.
124. Edquist, C. Design of Innovation Policy through Diagnostic Analysis: Identification of Systemic Problems (or Failures) // Industrial and Corporate Change. – 2011. - № 20. - PP. 1–29.
125. Floricel, S., Ibanescu, M. Using R&D portfolio management to deal with Dynamic Risk // R&D Management. – 2008. - vol. 38. - № 5. - PP. 452-467.
126. Fraser, P., Moultrie, J., Mike, G. The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability / Engineering Management Conference. IEMC '02. (August) - 2002 IEEE International. – 2002. - vol. 1. - PP. 244-249.
127. Freeman, C. Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan. - London: Pinter. - 1987.
128. Frolova, E.V., Rogach, O.V., Kabanova, E.E., Medvedeva, N.V., Shimanskaya, I.Y. Tendencies and Prospects of Tourism Industry in Russia: Sociological Analysis of Stereotypes among Population during Tourism Trips // European Research Studies Journal. – 2017. - vol. 20. - № 2. - PP. 308-320.
129. Gavetti, G., Menon, A. Evolution Cum Agency: Towards a Model of Strategic Foresight // Strategy Science. – 2016. - vol. 1. - № 3. - PP. 207–233.
130. Gawer, A., Cusumano, M.A. Industry Platforms and Ecosystem Innovation // Journal of Product Innovation Management, 2014, vol. 31, № 3. PP. 417–433.
131. Gesara, S., Dueñas-Osorio, L. Synthesis of Modeling and Simulation Methods on Critical Infrastructure Interdependencies. Sustainable and Resilient Critical Infrastructure Systems Simulation Modeling and Intelligent Engineering. - Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. PP. 1-51.

132. Glenn, J.C. The Futures Group International. Scenarios. / In: Glenn J.C., Gordon T.J. editors. Futures Research Methodology Version 3.0. The Millenium Project. -Washington, DC: United Nations University. - 2011.
133. Godet, M. The art of scenarios and strategic planning: tools and pitfalls // Technological forecasting & social change. – 2000. - № 65. - PP. 3–22.
134. Guerzoni, M., Raiteri, E. Demand-side vs Supply-side Technology Policies: Hidden Treatment and New Empirical Evidence on the Policy Mix // Research Policy. – 2015. - vol. 44. - № 3. - PP. 726–747.
135. Haimes, Y.Y. Risk Modelling, Assessment, and Management, 2nd edn. -New York: John Wiley & Sons. - 2004.
136. Hammond, J.S., Keeney, R.L., Raiffa, H. The hidden traps in decision making // Harvard Business Review. – 2006. - vol. 84. - № 1. - PP. 118–126.
137. Højland, J., Rohrbeck, R. The role of corporate foresight in exploring new markets: evidence from 3 case studies in the BOP markets. Technology Analysis & Strategic Management. – 2018. - vol. 30. - № 6. - PP. 734-746.
138. Hood, C., Jones, D.K.C. Accident and design. Contemporary debates in risk management. - London: Routhlegde. - 1996.
139. Hood, S. Commentary on Deliberative Democratic Evaluation / In: Ryan K., DeStefano L. (eds.). Evaluation as a Democratic Process: Promoting Inclusion, Dialogue, and Deliberation, New Directions for Program Evaluation, № 85. - San Francisco: Jossey-Bass. - 2000.
140. Hood, S. Evaluation for and by Navajos: A Narrative Case of the Irrelevance of Globalization / In: The SAGE international Handbook of Educational Evaluation, edited by K. Ryan and B. Cousins. -Thousand Oaks, CA: Sage Publications. - 2009. - PP. 447-464.
141. Hopson, R.K. Reclaiming Knowledge at the Margins: Culturally Responsive Evaluation in the Current Evaluation Moment / In: The SAGE International Handbook of Educational Evaluation, edited by K. Ryan and B. Cousins. - Thousand Oaks, CA: Sage Publications. - 2009. PP. 429-446.

142. Howard-Grenville, J.A. Developing issue-selling effectiveness over time: issue selling as resourcing // *Organization Science*. – 2007. - vol. 18. - № 4. - PP. 560-577.
143. Ilmola, L., Rovenskaya, E. Three Experiments: The Exploration of Unknown Unknowns in Foresight // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2016. - № 106. - PP. 85–100.
144. Johnson, M.W., Christensen, C.M., Kagermann, H. Reinventing Your Business Model // *Harvard Business Review*. – 2008. - vol. 86. - № 12. - PP. 57–68.
145. Kahneman, D., Lovallo, D., Sibony, O. Before you make that big decision... // *Harvard Business Review*. – 2011. - vol. 89. - № 6. - PP. 50–60.
146. Keizer, J.A., Halman, J.I.M. Diagnosing Risk in radical Innovation Projects // *Research Technology Management*. – 2007. - vol. 50. - № 5 (September–October). PP. 30-36.
147. Kolluru, R. Risk assessment and management: a unified approach. / In: Kolluru R., Bartell S.M., Pitblado R.M., Stricoff R.S. Risk assessment and management handbook for environmental, health and safety professionals. -New York: Mc Graw-Hill. - 1996. - PP. 1.3-1.41
148. Larsson, L., Larsson, J. Sustainable Development in Project-Based Industries—Supporting the Realization of Explorative Innovation // *Sustainability*. – 2018. - vol. 10. - № 3. - P. 683.
149. Leitner, K-H. Innovation futures: new forms of innovation and their implications for innovation policy // *International Journal of Foresight and Innovation Policy*. – 2013. - vol. 9. - № 2. - PP. 269-286.
150. Leitner, K-H., Warnke, P., Rhomberg, W. New forms of innovation: critical issues for future pathways // *Foresight*. – 2016. - vol. 18. - № 3. - PP. 224-237.
151. Lemer, A.C. Progress Toward Integrated Infrastructure-Assets-Management Systems: GIS and Beyond / APWA International Public Works Congress, NRCC/CPWA Seminar Series: Innovations in Urban Infrastructure. - 1998.

152. Lindberg, A-K., Hansson, S.O., Rollenhagen C. Learning from accidents - What more do we need to know? // *Safety Science*. – 2010. - vol. 48. - PP. 714-721.
153. Lyons, T., Skitmore, M. Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey // *International Journal of Project Management*. – 2004. - vol. 22. - PP. 51- 61.
153. Märker, O., Volkmar, P. Computer-Supported Participation in Urban Planning from the viewpoint of «Communicative Planning Theory» / *Advances in Electronic Government* - February 2000, Zaragoza (Spain). - 2000. - PP. 43-58.
154. Maurel, E., Nijkamp, P. Bridging the gap between universities of professional education and Small- and Medium-sized Enterprises // *International Journal of Foresight and Innovation Policy*. – 2011. - vol. 7. - № 1-3. - PP. 23-43.
155. Metcalfe, J.S. Systems Failure and the Case for Innovation Policy / In: P. Llerena and M. Matt (eds), *Innovation Policy in a Knowledge-based Economy: Theory and Practice*. –Heidelberg: Springer. - 2005. - PP. 47–74.
156. Mihić, M., Dodevska, Z., Todorović, M., Obradović, V., Petrović, D. Reducing Risks in Energy Innovation Projects: Complexity Theory Perspective // *Sustainability*. – 2018. - vol. 10. - № 9. - P. 2968.
157. Mili, L., Krimgold, F., Alwang, J., Bigger, J.E. Integrating engineering, economic, and social modelling in risks of cascading failures across interdependent complex network / *Proc 8th Conf. on Probabilistic Methods Applied to Power Systems*. -Iowa, USA. - 2004. - PP. 657-662.
158. Neirotti, P., deMarco, A., Corinna Cagliano, A., Mangano, G., Scorrano, F. Current Trends in Smart City Initiatives: Some Stylised Facts // *Cities*. – 2014. - № 38. - PP. 25–36.
159. Nelson, J., Buisine, S., Aoussat, A, Gazo, C. Generating Prospective Scenarios of Use in Innovation Projects // *Le travail humain*. – 2014. - vol. 77. - № 1. - PP. 21-38.
160. Neumann, M., Sporbeck, M., Sadek, T., Bender, B. A Model Based Approach to Support Risk Management in Innovation Projects / In: Schabacker M., Gericke

- K., Szélig N., Vajna S. (eds.). *Modelling and Management of Engineering Processes*. - Berlin, Heidelberg: Springer. - 2015. - PP. 35-46.
161. Pinto, J.K., Kharbanda, O.P. Lessons for an accidental profession // *Business Horizons*. – 1995. - vol. 38. - № 2. - PP. 41-51.
162. Pociovalisteanu, M.D., Thalassinou, I.E., Tirca, A., Filho, L.W. Trends and challenges in the energy sector of Romania in the post-accession to the European Union // *International Journal of Environmental Technology and Management*. – 2010. - vol. 12. - № 1. - PP. 3-15.
163. Porrini, D. The effects of innovation on market competition: the case of the insurance comparison websites // *Marketing and Management of Innovations*. – 2018. - № 3. - PP. 324-332.
164. Pukala, R., Sira, E., Vavrek, R. Risk management and financing among start-ups. *Marketing and Management of Innovations*. – 2018. - № 3. - PP. 153-161.
165. Raz, T., Hillson, D. A comparative review of risk management standards // *Risk Management: An international journal*. – 2005. - vol. 7.- № 4. - PP. 53-66.
166. Rinaldi, S.M., Peerenboom, J.P., Kelly, T.K. Identifying, Understanding and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies // *IEEE Control Systems Magazine*. – 2001. - December. - PP. 11-25.
167. Sadiqi, J. Evaluating the development of SMART communities: a public value perspective // *Marketing and Management of Innovations*. – 2018. - № 2. - PP. 155-157.
168. Schönert, M. Städteranking und Imagebildung: Die 20 größten Städte in Nachrichten - und Wirtschaftsmagazinen // *BAW Monatsbericht*. – 2003. - vol. 2. - № 03. - PP. 1-8.
169. Stosic, B., Mihic, M., Milutinovic, R., Isljamovic S. Risk identification in product innovation projects: new perspectives and lessons learned // *Technology Analysis & Strategic Management*. – 2017. - vol. 29. - № 2. - PP. 133-148.

170. Tsuieric, E., Dragicevicnikolina, N. Use of scenario development and personal learning environment and networks (PLE&N) to support curriculum co-creation // Management & Marketing. – 2018. - vol. 13. - № 2. - PP. 848–858.
171. Wyrwicka, M.K., Erdeli, O. Strategic foresight as the methodology of preparing innovation activities // Marketing and Management of Innovations. – 2018. - № 2. - PP. 339-350.
172. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://ssl.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 24.05.25)
173. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования [Электронный ресурс]. URL: <https://rpn.gov.ru/activity/environment-fee/> (дата обращения: 24.05.25)
174. Оценка экосистемных услуг [Электронный ресурс]. URL: https://www.eld-initiative.org/fileadmin/ELD_Filter_Tool/Campus_Material_Module_7/Script_Module_7_RU.pdf (дата обращения: 24.05.25)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Расчет ущерба для предприятий региона

ПАО «Кургансельмаш»

Таблица 1. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	150	1,5	1	225,0
Оксид серы	0,25	1,5	3,2	1,2
Оксид азота	0,42	1,5	1,2	0,8
Формальдегид	0,8	1,5	8,9	10,7
Углеводороды	110,85	1,5	15,2	2 527,4
Бензапирен	0,33	1,5	35,3	17,5
Итого:				2 782,5

Таблица 2. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	120	1,2	1	144,00
Нефтепродукты	10,5	1,2	4,8	60,48
Бензаперен	0,81	1,2	10,5	10,21
ХПК	1000	1,2	0,5	600,00
Железо общее	5,2	1,2	5,2	32,45
Медь	4,3	1,2	24,2	124,87
Итого:				972,01

Таблица 3. Расчет объемов по отходам производственного и
непроизводственного типа, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	1250	0,85	0,5	531,25
Отходы производственного типа	185	0,85	4,2	660,45
Итого:				1191,7

Таблица 4. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	2 782,5
Ущерб от сброса сточных вод	972,0
Ущерб от образования отходов	1 191,7
Итого по предприятию:	4 946,2

ООО «Завод деревообрабатывающих станков»

Таблица 5. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	10,5	1,5	1	15,75
Оксид серы	25,22	1,5	3,2	121,06
Оксид азота	129,1	1,5	1,2	232,38
Формальдегид	255,34	1,5	8,9	3 408,79
Углеводороды	15,78	1,5	15,2	359,78
Бензапирен	0,2	1,5	35,3	10,59
Итого:				4 148,35

Таблица 6. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	227	1,2	1	272,40
Нефтепродукты	0,52	1,2	4,8	3,00
Бензаперен	0,025	1,2	10,5	0,32
ХПК	98	1,2	0,5	58,80
Железо общее	1,54	1,2	5,2	9,61
Медь	0,0001	1,2	24,2	0,00
Итого:				344,12

Таблица 7. Расчет объемов по отходам производственного и непроизводственного типа, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	2298,4	0,85	0,5	976,82
Отходы производственного типа	5869,3	0,85	4,2	20 953,40
Итого:				21 930,22

Таблица 8. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	4 148,3
Ущерб от сброса сточных вод	344,1
Ущерб от образования отходов	21 930,2
Итого по предприятию:	26 422,7

ПАО «Курганприбор»

Таблица 9. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	10,2	1,5	1	15,30
Оксид серы	0,02	1,5	3,2	0,10
Оксид азота	0,04	1,5	1,2	0,07
Формальдегид	0	1,5	8,9	0,00
Углеводороды	0	1,5	15,2	0,00
Бензапирен	0	1,5	35,3	0,00
Итого:				15,47

Таблица 10. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	1,4	1,2	1	1,68
Нефтепродукты	0,03	1,2	4,8	0,17
Бензаперен	0	1,2	10,5	0,00
ХПК	57	1,2	0,5	34,20
Железо общее	0,5	1,2	5,2	3,12
Медь	0	1,2	24,2	0,00
Итого:				39,17

Таблица 11. Расчет объемов по отходам производственного и
непроизводственного типа, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	111,3	0,85	0,5	47,30
Отходы производственного типа	50,4	0,85	4,2	179,93
Итого:				227,23

Таблица 12. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	15,5
Ущерб от сброса сточных вод	39,2
Ущерб от образования отходов	227,2
Итого по предприятию:	281,9

ПАО «Буровые установки Кургана»

Таблица 13. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	10	1,5	1	15,00
Оксид серы	40	1,5	3,2	192,00
Оксид азота	5	1,5	1,2	9,00
Формальдегид	0	1,5	8,9	0,00
Углеводороды	0	1,5	15,2	0,00
Бензапирен	0	1,5	35,3	0,00
Итого:				216,00

Таблица 14. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	0	1,2	1	0,00
Нефтепродукты	0	1,2	4,8	0,00
Бензапирен	0	1,2	10,5	0,00
ХПК	0	1,2	0,5	0,00
Железо общее	0	1,2	5,2	0,00
Медь	0	1,2	24,2	0,00
Итого:				0,00

Таблица 15. Расчет объемов по отходам производственного
и непроизводственного типа, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	122,1	0,85	0,5	51,89
Отходы производственного типа	41,3	0,85	4,2	147,44
Итого:				199,33

Таблица 16. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	216,0
Ущерб от сброса сточных вод	0,0
Ущерб от образования отходов	199,3
Итого по предприятию:	415,3

ПАО «Курганхиммаш»

Таблица 17. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	10,3	1,5	1	15,45
Оксид серы	35,2	1,5	3,2	168,96
Оксид азота	5,4	1,5	1,2	9,72
Формальдегид	0,05	1,5	8,9	0,67
Углеводороды	1,3	1,5	15,2	29,64
Бензапирен	0,1	1,5	35,3	5,30
Итого:				229,73

Таблица 18. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб
Взвешенные вещества	14,3	1,2	1	17,16
Нефтепродукты	8,3	1,2	4,8	47,81
Бензаперен	0,8	1,2	10,5	10,08
ХПК	56	1,2	0,5	33,60
Железо общее	34,2	1,2	5,2	213,41
Медь	5,1	1,2	24,2	148,10
Итого:				470,16

Таблица 19. Расчет объемов по отходам производственного и непроизводственного типа, тыс. млн. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	335,1	0,85	0,5	142,42
Отходы производственного типа	155,4	0,85	4,2	554,78
Итого:				697,20

Таблица 20. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	229,7
Ущерб от сброса сточных вод	470,2
Ущерб от образования отходов	697,2
Итого по предприятию:	1 397,1

ПАО «Курганавторемонт»

Таблица 21. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб
Взвешенные вещества	8,3	1,5	1	12,45
Оксид серы	1,5	1,5	3,2	7,20
Оксид азота	1,6	1,5	1,2	2,88
Формальдегид	0	1,5	8,9	0,00
Углеводороды	0	1,5	15,2	0,00
Бензапирен	0	1,5	35,3	0,00
Итого:				22,53

Таблица 22. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	1,45	1,2	1	1,74
Нефтепродукты	0,33	1,2	4,8	1,90
Бензаперен	0,08	1,2	10,5	1,01
ХПК	70	1,2	0,5	42,00
Железо общее	1,2	1,2	5,2	7,49
Медь	0,7	1,2	24,2	20,33
Итого:				74,46

Таблица 23. Расчет объемов по отходам производственного и
непроизводственного типа, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	48,4	0,85	0,5	20,57
Отходы производственного типа	52,2	0,85	4,2	186,35
Итого:				206,92

Таблица 24. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	22,5
Ущерб от сброса сточных вод	74,5
Ущерб от образования отходов	206,9
Итого по предприятию:	303,9

ООО «Курганский автобусный завод»

Таблица 25. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	233,2	1,5	1	349,80
Оксид серы	1,48	1,5	3,2	7,10
Оксид азота	2,33	1,5	1,2	4,19
Формальдегид	0	1,5	8,9	0,00
Углеводороды	20,44	1,5	15,2	466,03
Бензапирен	1,5	1,5	35,3	79,43
Итого:				906,56

Таблица 26. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	225,8	1,2	1	270,96
Нефтепродукты	12,3	1,2	4,8	70,85
Бензаперен	0,5	1,2	10,5	6,30
ХПК	64	1,2	0,5	38,40
Железо общее	11,5	1,2	5,2	71,76
Медь	23,6	1,2	24,2	685,34
Итого:				1 143,61

Таблица 27. Расчет объемов по отходам производственного
и непроизводственного типа, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	179,4	0,85	0,5	76,25
Отходы производственного типа	295,4	0,85	4,2	1 054,58
Итого:				1 130,82

Таблица 28. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	906,6
Ущерб от сброса сточных вод	1 143,6
Ущерб от образования отходов	1 130,8
Итого по предприятию:	3 181,0

ПАО «Курганский завод магнитных изделий»

Таблица 29. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	235	1,5	1	352,50
Оксид серы	14,2	1,5	3,2	68,16
Оксид азота	13,3	1,5	1,2	23,94
Формальдегид	0	1,5	8,9	0,00
Углеводороды	0	1,5	15,2	0,00
Бензапирен	0	1,5	35,3	0,00
Итого:				444,60

Таблица 30. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	148,7	1,2	1	178,44
Нефтепродукты	9,7	1,2	4,8	55,87
Бензаперен	0	1,2	10,5	0,00
ХПК	71	1,2	0,5	42,60
Железо общее	1,34	1,2	5,2	8,36
Медь	1,5	1,2	24,2	43,56
Итого:				328,83

Таблица 31. Расчет объемов по отходам производственного и непроизводственного типа, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	15,6	0,85	0,5	6,63
Отходы производственного типа	125,3	0,85	4,2	447,32
Итого:				453,95

Таблица 32. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	444,6
Ущерб от сброса сточных вод	328,8
Ущерб от образования отходов	454,0
Итого по предприятию:	1 227,4

ПАО «Курганские прицепы»

Таблица 33. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	11,2	1,5	1	16,80
Оксид серы	3,5	1,5	3,2	16,80
Оксид азота	1,4	1,5	1,2	2,52
Формальдегид	2,2	1,5	8,9	29,37
Углеводороды	15,2	1,5	15,2	346,56
Бензапирен	0	1,5	35,3	0,00
Итого:				412,05

Таблица 34. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	110,4	1,2	1	132,48
Нефтепродукты	11,5	1,2	4,8	66,24
Бензапирен	27,4	1,2	10,5	345,24
ХПК	72	1,2	0,5	43,20
Железо общее	18,9	1,2	5,2	117,94
Медь	0,23	1,2	24,2	6,68
Итого:				711,78

Таблица 35. Расчет объемов по отходам производственного и
непроизводственного типа, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	75,4	0,85	0,5	32,05
Отходы производственного типа	165,7	0,85	4,2	591,55
Итого:				623,59

Таблица 36. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	412,1
Ущерб от сброса сточных вод	711,8
Ущерб от образования отходов	623,6
Итого по предприятию:	1 747,4

ООО «Курганский завод нестандартного оборудования»

Таблица 37. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	225,3	1,5	1	337,95
Оксид серы	1,6	1,5	3,2	7,68
Оксид азота	1,3	1,5	1,2	2,34
Формальдегид	0	1,5	8,9	0,00
Углеводороды	0	1,5	15,2	0,00
Бензапирен	0	1,5	35,3	0,00
Итого:				347,97

Таблица 38. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	113,7	1,2	1	136,44
Нефтепродукты	0,25	1,2	4,8	1,44
Бензапирен	0	1,2	10,5	0,00
ХПК	75	1,2	0,5	45,00
Железо общее	0,65	1,2	5,2	4,06
Медь	0,03	1,2	24,2	0,87
Итого:				187,81

Таблица 39. Расчет объемов по отходам производственного
и непроизводственного типа, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	96,5	0,85	0,5	41,01
Отходы производственного типа	188,4	0,85	4,2	672,59
Итого:				713,60

Таблица 40. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	348,0
Ущерб от сброса сточных вод	187,8
Ущерб от образования отходов	713,6
Итого по предприятию:	1 249,4

ООО «Курганский кабельный завод»

Таблица 41. Расчет ущерба по выбросам, млн. руб.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	88,3	1,5	1	132,45
Оксид серы	5,75	1,5	3,2	27,60
Оксид азота	4,32	1,5	1,2	7,78
Формальдегид	0	1,5	8,9	0,00
Углеводороды	0	1,5	15,2	0,00
Бензапирен	0	1,5	35,3	0,00
Итого:				167,83

Таблица 42. Расчет ущерба по сбросам, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Взвешенные вещества	32,4	1,2	1	38,88
Нефтепродукты	15,7	1,2	4,8	90,43
Бензаперен	0	1,2	10,5	0,00
ХПК	77	1,2	0,5	46,20
Железо общее	0	1,2	5,2	0,00
Медь	0	1,2	24,2	0,00
Итого:				175,51

Таблица 43. Расчет объемов по отходам производственного и
непроизводственного типа, млн. руб. в год

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Региональный коэффициент влияния на окружающую среду	Стоимость единицы загрязнения (удельная стоимость)	Ущерб, млн. руб.
Отходы непроизводственного типа	155,3	0,85	0,5	66,00
Отходы производственного типа	98,4	0,85	4,2	351,29
Итого:				417,29

Таблица 44. Общий суммарный ущерб, млн. руб.

Вид ущерба	Количественная оценка
Ущерб от загрязнения воздуха	167,8
Ущерб от сброса сточных вод	175,5
Ущерб от образования отходов	417,3
Итого по предприятию:	760,6

ПРИЛОЖЕНИЕ №2

ПАО «Кургансельмаш»

Таблица 45. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	150	1,2	0,4	72,0
Оксид серы	0,25	1	0,4	0,1
Оксид азота	0,42	1	0,4	0,2
Формальдегид	0,8	1	0,4	0,3
Углеводороды	110,85	1,5	0,4	66,5
Бензапирен	0,33	1,1	0,4	0,1
Итого:				139,2

Таблица 46. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс сбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	120	1,1	0,4	52,80
Нефтепродукты	10,5	1,1	0,4	4,62
Бензаперен	0,81	1,2	0,4	0,39
ХПК	1000	1	0,4	400,00
Железо общее	5,2	1	0,4	2,08
Медь	4,3	1,2	0,4	2,06
Итого:				461,95

Таблица 47. Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс отходов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	1250	1,5	0,4	750,00
Отходы производственного типа	185	1,1	0,4	81,40
Итого:				831,40

Таблица 48. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	139,2
Экологические риски по сбросам, т	462,0
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	831,4
Итого по предприятию:	1 432,6

ООО «Завод деревообрабатывающих станков»

Таблица 49. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	10,5	1	0,6	6,30
Оксид серы	25,22	1,1	0,6	16,65
Оксид азота	129,1	1,1	0,6	85,21
Формальдегид	255,34	1,5	0,6	229,81
Углеводороды	15,78	1,5	0,6	14,20
Бензапирен	0,2	1,1	0,6	0,13
Итого:				352,29

Таблица 50. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	227	1	0,6	136,20
Нефтепродукты	0,52	1,1	0,6	0,34
Бензаперен	0,025	1,1	0,6	0,02
ХПК	98	1	0,6	58,80
Железо общее	1,54	1	0,6	0,92
Медь	0,0001	1	0,6	0,00
Итого:				196,28

Таблица 51. Экологический риск по отходам производственного
и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	2298,4	1,2	0,6	1 654,85
Отходы производственного типа	5869,3	1,5	0,6	5 282,37
Итого:				6 937,22

Таблица 52. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	352,3
Экологические риски по сбросам, т	196,3
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	6 937,2
Итого по предприятию:	7 485,8

ПАО «Курганприбор»

Таблица 53. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	10,2	1	0,6	6,12
Оксид серы	0,02	1	0,6	0,01
Оксид азота	0,04	1	0,6	0,02
Формальдегид	0	1	0,6	0,00
Углеводороды	0	1	0,6	0,00
Бензапирен	0	1	0,6	0,00
Итого:				6,16

Таблица 54. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	1,4	1	0,6	0,84
Нефтепродукты	0,03	1	0,6	0,02
Бензаперен	0	1	0,6	0,00
ХПК	57	1	0,6	34,20
Железо общее	0,5	1	0,6	0,30
Медь	0	1	0,6	0,00
Итого:				35,36

Таблица 55. Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	111,3	1	0,6	66,78
Отходы производственного типа	50,4	1	0,6	30,24
Итого:				97,02

Таблица 56. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	6,2
Экологические риски по сбросам, т	35,4
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	97,0
Итого по предприятию:	138,5

ПАО «Буровые установки Кургана»

Таблица 57. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	10	1	0,8	8,00
Оксид серы	40	1	0,8	32,00
Оксид азота	5	1	0,8	4,00
Формальдегид	0	1	0,8	0,00
Углеводороды	0	1	0,8	0,00
Бензапирен	0	1	0,8	0,00
Итого:				44,00

Таблица 58. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	0	0	0,8	0,00
Нефтепродукты	0	0	0,8	0,00
Бензаперен	0	0	0,8	0,00
ХПК	0	0	0,8	0,00
Железо общее	0	0	0,8	0,00
Медь	0	0	0,8	0,00
Итого:				0,00

Таблица 59. Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	122,1	1	0,8	97,68
Отходы производственного типа	41,3	1	0,8	33,04
Итого:				130,72

Таблица 60. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	44,0
Экологические риски по сбросам, т	0,0
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	130,7
Итого по предприятию:	174,7

ПАО «Курганхиммаш»

Таблица 61. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	10,3	1,1	0,72	8,16
Оксид серы	35,2	1,2	0,72	30,41
Оксид азота	5,4	1	0,72	3,89
Формальдегид	0,05	1	0,72	0,04
Углеводороды	1,3	1,1	0,72	1,03
Бензапирен	0,1	1	0,72	0,07
Итого:				43,60

Таблица 62. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	14,3	1	0,72	10,30
Нефтепродукты	8,3	1	0,72	5,98
Бензапирен	0,8	1,1	0,72	0,63
ХПК	56	1	0,72	40,32
Железо общее	34,2	1,2	0,72	29,55
Медь	5,1	1,2	0,72	4,41
Итого:				91,18

Таблица 63. Экологический риск по отходам производственного
и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	335,1	1	0,72	241,27
Отходы производственного типа	155,4	1	0,72	111,89
Итого:				353,16

Таблица 64. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	43,6
Экологические риски по сбросам, т	91,2
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	353,2
Итого по предприятию:	487,9

ПАО «Курганавторемонт»

Таблица 65. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	8,3	1	0,78	6,47
Оксид серы	1,5	1	0,78	1,17
Оксид азота	1,6	1	0,78	1,25
Формальдегид	0	1	0,78	0,00
Углеводороды	0	1	0,78	0,00
Бензапирен	0	1	0,78	0,00
Итого:				8,89

Таблица 66. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	1,45	1	0,78	1,13
Нефтепродукты	0,33	1	0,78	0,26
Бензаперен	0,08	1	0,78	0,06
ХПК	70	1	0,78	54,60
Железо общее	1,2	1	0,78	0,94
Медь	0,7	1	0,78	0,55
Итого:				57,53

Таблица 67. Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	48,4	1	0,78	37,75
Отходы производственного типа	52,2	1	0,78	40,72
Итого:				78,47

Таблица 68. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	8,9
Экологические риски по сбросам, т	57,5
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	78,5
Итого по предприятию:	144,9

ООО «Курганский автобусный завод»

Таблица 69. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	233,2	1,5	0,82	286,84
Оксид серы	1,48	1	0,82	1,21
Оксид азота	2,33	1	0,82	1,91
Формальдегид	0	1	0,82	0,00
Углеводороды	20,44	1,2	0,82	20,11
Бензапирен	1,5	1,1	0,82	1,35
Итого:				311,43

Таблица 70. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	225,8	1,2	0,82	222,19
Нефтепродукты	12,3	1,1	0,82	11,09
Бензаперен	0,5	1	0,82	0,41
ХПК	64	1	0,82	52,48
Железо общее	11,5	1,2	0,82	11,32
Медь	23,6	1,5	0,82	29,03
Итого:				326,52

Таблица 71. Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	179,4	1,1	0,82	161,82
Отходы производственного типа	295,4	1,1	0,82	266,45
Итого:				428,27

Таблица 72. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	311,4
Экологические риски по сбросам, т	326,5
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	428,3
Итого по предприятию:	1 066,2

ПАО «Курганский завод магнитных изделий»

Таблица 73. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	235	1,2	0,91	256,62
Оксид серы	14,2	1,1	0,91	14,21
Оксид азота	13,3	1,1	0,91	13,31
Формальдегид	0	1	0,91	0,00
Углеводороды	0	1	0,91	0,00
Бензапирен	0	1	0,91	0,00
Итого:				284,15

Таблица 74. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	148,7	1,1	0,91	148,85
Нефтепродукты	9,7	1	0,91	8,83
Бензаперен	0	1	0,91	0,00
ХПК	71	1	0,91	64,61
Железо общее	1,34	1	0,91	1,22
Медь	1,5	1	0,91	1,37
Итого:				224,87

Таблица 75. Экологический риск по отходам производственного
и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	15,6	1	0,91	14,20
Отходы производственного типа	125,3	1	0,91	114,02
Итого:				128,22

Таблица 76. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	284,1
Экологические риски по сбросам, т	224,9
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	128,2
Итого по предприятию:	637,2

ПАО «Курганские прицепы»

Таблица 77. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	11,2	1	0,88	9,86
Оксид серы	3,5	1	0,88	3,08
Оксид азота	1,4	1	0,88	1,23
Формальдегид	2,2	1	0,88	1,94
Углеводороды	15,2	1,2	0,88	16,05
Бензапирен	0	1	0,88	0,00
Итого:				32,16

Таблица 78. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	110,4	1,1	0,88	106,87
Нефтепродукты	11,5	1	0,88	10,12
Бензаперен	27,4	1,2	0,88	28,93
ХПК	72	1	0,88	63,36
Железо общее	18,9	1,5	0,88	24,95
Медь	0,23	1	0,88	0,20
Итого:				234,43

Таблица 79. Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	75,4	1	0,88	66,35
Отходы производственного типа	165,7	1	0,88	145,82
Итого:				212,17

Таблица 80. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	32,2
Экологические риски по сбросам, т	234,4
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	212,2
Итого по предприятию:	478,8

ООО «Курганский завод нестандартного оборудования»

Таблица 81. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	225,3	1,2	0,78	210,88
Оксид серы	1,6	1	0,78	1,25
Оксид азота	1,3	1	0,78	1,01
Формальдегид	0	1	0,78	0,00
Углеводороды	0	1	0,78	0,00
Бензапирен	0	1	0,78	0,00
Итого:				213,14

Таблица 82. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	113,7	1,2	0,78	106,42
Нефтепродукты	0,25	1	0,78	0,20
Бензаперен	0	1	0,78	0,00
ХПК	75	1	0,78	58,50
Железо общее	0,65	1	0,78	0,51
Медь	0,03	1	0,78	0,02
Итого:				165,65

Таблица 83. Экологический риск по отходам производственного
и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	96,5	1,1	0,78	82,80
Отходы производственного типа	188,4	1,1	0,78	161,65
Итого:				244,44

Таблица 84. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	213,1
Экологические риски по сбросам, т	165,6
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	244,4
Итого по предприятию:	623,2

ООО «Курганский кабельный завод»

Таблица 85. Экологические риски по выбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния хоз. решений	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	88,3	1	0,68	60,04
Оксид серы	5,75	1	0,68	3,91
Оксид азота	4,32	1	0,68	2,94
Формальдегид	0	1	0,68	0,00
Углеводороды	0	1	0,68	0,00
Бензапирен	0	1	0,68	0,00
Итого:				66,89

Таблица 86. Экологические риски по сбросам, т

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния	Вероятность	Риск, тонн
Взвешенные вещества	32,4	1	0,68	22,03
Нефтепродукты	15,7	1,1	0,68	11,74
Бензаперен	0	1	0,68	0,00
ХПК	77	1	0,68	52,36
Железо общее	0	1	0,68	0,00
Медь	0	1	0,68	0,00
Итого:				86,14

Таблица 87. Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.

Наименование загрязняющего вещества	Разность масс выбросов, т/год	Оценка степени влияния	Вероятность	Риск, тонн
Отходы непроизводственного типа	155,3	1	0,68	105,60
Отходы производственного типа	98,4	1	0,68	66,91
Итого:				172,52

Таблица 88. Общий экологический риск, т

Вид экологического риска	Количественная оценка
Экологические риски по выбросам, т	66,9
Экологические риски по сбросам, т	86,1
Экологический риск по отходам производственного и непроизводственного типа, т.	172,5
Итого по предприятию:	325,5