

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

На правах рукописи



**Кудрявцева Евгения Игоревна**

**Разработка методов оценки экологической эффективности  
деятельности предприятий химической и нефтехимической  
отраслей промышленности, участвующих в программе  
«Ответственная забота»**

03.02.08 Экология (химическая технология)  
(технические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2021

Работа выполнена на кафедре ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

Научный руководитель: доктор технических наук,  
**Макарова Анна Сергеевна**,  
профессор кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

Официальные оппоненты: кандидат технических наук,  
**Остах Сергей Владимирович**,  
доцент кафедры промышленной экологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

доктор технических наук, доцент  
**Громова Татьяна Владимировна**,  
начальник отдела экологической, радиационной безопасности и чрезвычайных ситуаций федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»

Защита состоится **«07» сентября 2021 года в 14:00** на заседании диссертационного совета РХТУ.05.05 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (125047, г. Москва, Миусская пл., 9) в аудитории 443 (конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-библиотечном центре и на сайте [https://www.muctr.ru/university/departments/ods/inhouse/inhouse\\_announcements/](https://www.muctr.ru/university/departments/ods/inhouse/inhouse_announcements/) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Автореферат диссертации разослан « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета РХТУ.05.05  
кандидат технических наук, доцент

Я.П. Молчанова

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Загрязнение окружающей среды, вызванное в том числе деятельностью предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, является одной из ключевых проблем планетарного масштаба. Помимо загрязнения химические производственные объекты несут определенную ответственность за увеличение выбросов парниковых газов. Необходимость количественной оценки экологической эффективности и минимизации антропогенного воздействия промышленности на окружающую среду отражена в Целях устойчивого развития, которые были одобрены ООН в 2015 году. Поэтому проведение оценки эффективности природоохранной деятельности и деятельности по борьбе с изменением климата важны для измерения прогресса в достижении Целей устойчивого развития. Заинтересованность многих предприятий в ведении бизнеса не только в соответствии с принципами экономической целесообразности, но и согласно принципам устойчивого развития и вопросам сохранения окружающей среды обуславливает причину принятия добровольных инициатив, нацеленных на совершенствование экологической деятельности.

Добровольная международная программа «Ответственная забота» (Responsible Care<sup>®</sup>), одной из основных целей которой является непрерывное совершенствование деятельности в области охраны окружающей среды, была инициирована в Канаде в 1985 году. Данная инициатива направлена на недопущение появления избыточных нормативно-управленческих мер со стороны государства и способствует прозрачности осуществляемой деятельности предприятий, что обеспечивает положительную репутацию в обществе. Ежегодно предприятия-участники программы предоставляют отчетность по ключевым показателям эффективности (KPI), основанным на надежной и верифицируемой информации. За время реализации программы перечень KPI расширился с учетом вызовов, стоящих перед человечеством, анализ которых важен для решения глобальных проблем: потребление невозобновляемых природных ресурсов,

изменение климата, дефицит водных ресурсов. Использование КРІ для оценки воздействия на окружающую среду является обычной практикой при анализе состояния сложных систем, при проведении глобальных экологических оценок, в том числе при оценке углеродного следа. Проведение оценки экологической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота», путем сбора и анализа КРІ позволяет идентифицировать приоритетные экологические аспекты, требующие улучшения.

### **Степень научной разработанности проблемы**

Основные методы и инструменты оценки эколого-экономической эффективности деятельности химических производственных объектов, в том числе участвующих в программе «Ответственная забота», предложены в работах Артюхова В.В., Бобылева С.Н., Будыко М.И., Гофмана К.Г., Гусевой Т.В., Данилова-Данильяна В.И., Ларионова В.Г., Мартынова А.С., Мешалкина В.П., Моисеева Н.Н., Тарасовой Н.П., Хачатурова-Тавризяна А.Е., Хачатурова Т.С., Ягодина Г.А. и зарубежных ученых: Belanger J., Finger S.R., Gamper-Rabindran S., Krantzberg G., Lenox M.J., Topalovic P., West B. и др.

Мировые исследования в области оценки экологической и экономической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности получили широкое распространение, ведущими учеными предложены методы проведения оценки эффективности осуществляемой деятельности предприятий-участников программы «Ответственная забота» в области охраны окружающей среды и деятельности по борьбе с изменением климата на основании абсолютных и/или относительных показателей. Однако разработанные методы чувствительны к наличию неоднородности и пропускам в отчетных данных, которые обусловлены тем, что предоставление отчетности в рамках программы «Ответственная забота» является добровольной инициативой, поэтому сделать достоверные выводы об эффективности реализации программы, основываясь на фактических данных, весьма затруднительно. Неоднородность в

данных обусловлена тем, что предприятия проходят модернизацию, наращивают/сокращают объем производимой продукции, открывают или переносят некоторые виды производственной деятельности, что осложняет возможность проведения сравнительной оценки показателей. Таким образом сегодня отсутствуют методы, позволяющие провести оценку эффективности осуществляемой деятельности в области охраны окружающей среды и деятельности по борьбе с изменением климата на основании отчетных данных большого ряда предприятий, а также оценку изменения КРІ до и после запуска программы «Ответственная забота» (период около 14 лет).

В связи с вышеизложенным решение научной проблемы по разработке методов проведения оценки экологической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, которые позволят сделать выводы об экологических и экономических достижениях предприятий-участников программы «Ответственная забота», имеет **несомненную актуальность** и важное значение для оценки того, как программа содействует Целям устойчивого развития.

Актуальность научных исследований, выполненных в кандидатской диссертации, также подтверждается тем, что основные разделы диссертационной работы соответствуют пункту Плана фундаментальных научных исследований РАН до 2025 года: «7.20. Изменения окружающей среды и климата: исследования, мониторинг и прогноз состояния природной среды; природные катастрофы, анализ и оценка природного риска, вулканизм»; Перечню критических технологий: «19. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения», определенных в Указе Президента РФ «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ и перечня критических технологий РФ» от 7 июля 2011 года.

**Цель диссертационной работы** заключается в разработке методов оценки экологической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе

«Ответственная забота», предусматривающих обработку больших массивов отчетных данных предприятий в области охраны окружающей среды и борьбы с изменением климата.

Для достижения указанной цели в диссертации поставлены и решены следующие взаимосвязанные научно-технические **задачи**:

1. Анализ современных международных и национальных подходов к оценке деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности в области охраны окружающей среды и борьбы с изменением климата.

2. Научное обоснование принципов и разработка метода оценки экологической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота», за 14 лет.

3. Оценка величины углеродного следа предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота», и прогнозирование изменения количества выбросов парниковых газов к 2050 году.

4. Эколого-экономический анализ деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота».

5. Разработка методики оценки степени визуализации воздействия на окружающую среду предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности в дополнение к экологическому мониторингу и производственному экологическому контролю.

**Методы исследования:** современные методы обработки больших массивов информации; методы математической статистики и вычислительной математики.

**Научная новизна** заключается в следующем:

1. Разработан и научно обоснован метод оценки экологической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической

отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота», отличающийся использованием нескольких различных подходов к проведению обработки большого массива отчетных данных, характеризующихся неоднородностью и наличием пропусков в данных, и позволяющий выявлять экологические аспекты, которые должны быть включены в экологическую политику и целевое планирование для последующей разработки комплекса корректирующих мер.

2. Впервые проведен эколого-экономический анализ деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота», основанный на использовании инструментария укрупненной оценки эколого-экономических ущербов от загрязнения окружающей среды, расчете платы за негативное воздействие на окружающую среду, также впервые проведена оценка величины углеродного следа предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота».

3. Разработана методика оценки степени визуализации воздействия на окружающую среду предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, основанная на использовании органолептических методов, позволяющая ранжировать по степени воздействия различные по размеру и сфере деятельности производства. Методика является малозатратным дополнением экологического мониторинга и производственного экологического контроля, создающим новые возможности развития природоохранной деятельности на предприятии.

### **Практическая значимость диссертационной работы**

1. Научно-исследовательские разработки автора по оценке экологической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота», используются в деятельности Фонда содействия развитию химической

промышленности, ООО «КОЛТЕК-спецреагенты» и АНО ЭСЦ «ВОСТОК», что подтверждается актом и справками о внедрении.

2. Заинтересованность во внедрении результатов работы подтвердил АО «Межотраслевой институт переработки пластмасс НПО «Пластик».

3. Результаты диссертационной работы используются при проведении семинаров-тренингов по наиболее успешным практикам развития программы «Ответственная забота» для химической отрасли промышленности, организуемых Фондом содействия развитию химической промышленности и Организацией по запрещению химического оружия.

4. Результаты диссертационной работы практически использованы при создании всероссийского отраслевого конкурса «5 звезд. Лидеры химической отрасли».

**На защиту выносятся** следующие результаты теоретических исследований, имеющих научную и практическую значимость:

1. Метод оценки экологической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота», предусматривающий несколько различных подходов к проведению обработки большого массива отчетных данных в области охраны окружающей среды, характеризующихся неоднородностью и наличием пропусков в данных.

2. Результаты оценки и анализа динамики КРІ предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота», за 14 лет, проведенных с использованием разработанного метода оценки экологической эффективности деятельности предприятий.

3. Результаты оценки величины углеродного следа предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота», и результаты прогнозирования изменения количества выбросов парниковых газов предприятиями химической и нефтехимической отраслей промышленности к 2050 году.



4. Результаты эколого-экономического анализа деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная работа».

5. Методика оценки степени визуализации воздействия на окружающую среду предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, разработанная в дополнение к экологическому мониторингу и производственному экологическому контролю.

**Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов** обеспечена строгостью используемого математического аппарата. Сформулированные в работе допущения при проведении расчетов обоснованы с точки зрения оценки сложных систем и в значительной степени нивелируются за счет использования большого массива информации. Результаты диссертационной работы не противоречат ранее полученным известным результатам других авторов.

#### **Апробация работы**

Основные результаты работы были представлены на следующих научно-технических конференциях: III Международная конференция по химии и химической технологии, Ереван (Армения), сентябрь, 2013 г.; Всероссийский симпозиум по зеленой химии в рамках международной выставки «Химия – 2013», Москва, октябрь, 2013 г.; Международная научно-практическая конференция и школа молодых ученых и студентов «Образование и наука для устойчивого развития», посвященная 180-летию со дня рождения Д.И. Менделеева, Москва, апрель, 2014 г.; Всероссийский симпозиум по зеленой химии в рамках международной выставки химической промышленности и науки «Химия-2014», Москва, октябрь, 2014 г.; Международная научно-практическая конференция и школа молодых ученых и студентов, Москва, апрель, 2015 г.; Научно-практическая конференция «Образование и наука для устойчивого развития», посвященная 80-летию со дня рождения академика В.А. Легасова, Москва, апрель, 2016 г.; Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях», Санкт-Петербург, май-июнь, 2017 г.; 20-я Международная

конференция по интеграции процессов, моделированию и оптимизации энергосбережения и сокращению загрязнения (PRES'17), Китай, август, 2017 г.; XXV международная научно-практическая конференция «Современные проблемы экологии», Тула, декабрь, 2020 г.; III Международная научная конференция «Энерго- ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития», Санкт-Петербург, апрель, 2021 г.; Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2021», Москва, апрель, 2021 г.; XIII Всероссийская научно-практическая конференция «Образование и наука для устойчивого развития», Москва, апрель, 2021 г.; XXII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, май, 2021 г.

### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано **14 научных работ**, в том числе: 3 публикации в журналах, индексируемых в международных системах SCOPUS и Web of Science; 2 публикации в журналах, рекомендованных ВАК; 1 патент, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, 7 публикаций в прочих журналах, включая тезисы конференций.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, двух приложений и списка литературы из 154 наименований. Работа изложена на 136 страницах машинописного текста, включает 8 таблиц, 26 рисунков.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность поставленной и решенной научной проблемы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, изложены научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе** «Современные международные и национальные подходы к оценке деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности в области охраны окружающей среды» описан инструментарий государственного регулирования в области охраны окружающей среды и борьбы с изменением климата. Представлены основные принципы подготовки отчетности в области охраны окружающей среды и борьбы с изменением климата. Проведен краткий аналитический обзор современных методов оценки природоохранной деятельности предприятий по КРІ. Рассмотрены основные принципы реализации программы «Ответственная забота» на предприятиях химической и нефтехимической отраслей промышленности.

**Во второй главе** «Оценка экологической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей, участвующих в программе «Ответственная забота» представлен разработанный автором эвристическо-аппроксимационный алгоритм проведения оценки экологической эффективности деятельности производственных объектов химической и нефтехимической отраслей промышленности по КРІ программы «Ответственная забота» (рис. 1), предусматривающий несколько различных подходов к проведению оценки: оценка динамики изменения КРІ в абсолютном выражении; оценка динамики изменения относительных показателей, нормированных на объем произведенной продукции в денежном и/или массовом выражении; оценка изменения показателей для российской химической отрасли промышленности в целом; экстраполяция результатов отдельных предприятий (которые предоставили более 35% отчетных данных) на химическую отрасль промышленности и оценка динамики изменения показателей. Совпадение динамик изменения показателей в трех оценках и более позволяет сделать вывод о тенденциях в показателях.

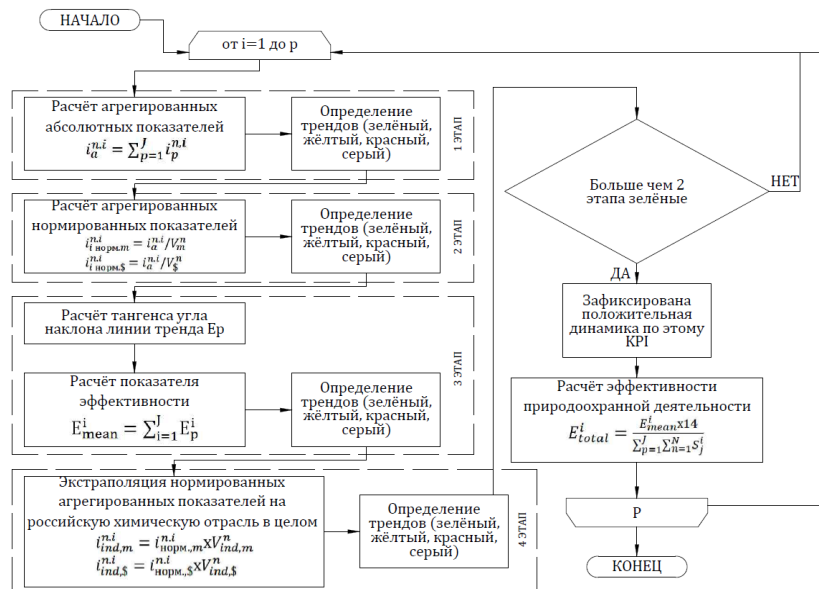


Рисунок 1 - Блок-схема эвристическо-аппроксимационного алгоритма оценки экологической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота»

Результат применения подхода, основанного на расчете тангенса угла наклона результирующей линии тренда, проведенной на множестве сложных кривых по отчетным данным предприятий, представлен на рисунке 2 на примере выбросов диоксида серы в атмосферу. При этом пропуски в данных были заполнены с использованием методов экстраполяции и интерполяции.



Рисунок 2 - Оценка динамики изменения выбросов диоксида серы предприятиями–участниками программы «Ответственная забота» за период с 2005 по 2019 год

Динамики изменения КРП, выявленные на каждом этапе разработанного алгоритма, разделены на 4 типа: увеличение (красный), уменьшение (зеленый), стабильность (желтый) и отсутствие четких тенденций (серый). Анализ полученных результатов показал, что 10 из проанализированных КРП показали тенденцию к снижению, поэтому допустимо предположить, что запуск программы

повысил экологическую осведомленность предприятий с помощью стимулирования и подготовки добровольной отчетности по экологическим показателям на постоянной основе. Однако динамика изменения некоторых КРІ в большинстве проведенных оценок разработанного алгоритма имеет красный цвет, что свидетельствует о необходимости включения данных экологических аспектов в целевое планирование предприятий и разработки дополнительных эколого-ориентированных мер. На рисунке 3 представлены результаты проведенных оценок изменения КРІ программы «Ответственная забота», отмеченных разными цветами, выраженные в процентах к итогу.

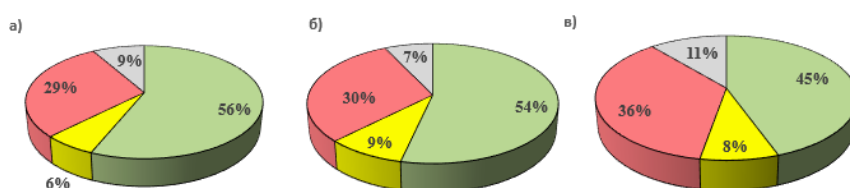


Рисунок 3 - Динамики изменения КРІ программы «Ответственная забота» в процентах: а) без учета потребления энергии и выбросов парниковых газов; б) без учета потребления энергии; в) для всех КРІ

Эффективность применения разработанного метода оценки экологической эффективности деятельности предприятий-участников программы «Ответственная забота» может быть увеличена путем увеличения согласованности данных с помощью получения дополнительных статистических данных, а также вступления большего количества предприятий в программу.

**Третья глава** «Оценка величины углеродного следа предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота» посвящена проведению оценки величины углеродного следа предприятий-участников программы «Ответственная забота». Используемый автором эвристический алгоритм проведения оценки величины углеродного следа (рис. 4) предусматривает возможность учета как прямых, так и косвенных выбросов парниковых газов, образующихся в результате производственной деятельности предприятий от использования углеродсодержащего сырья, работы производственного оборудования, при потреблении тепло- и электроэнергии, полученной от поставщиков, для

обеспечения нужд предприятий.

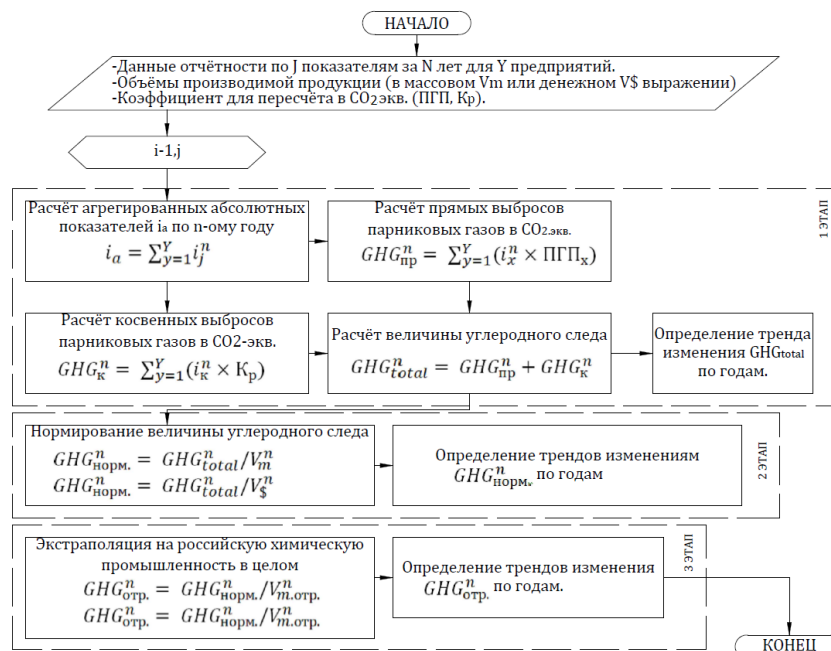


Рисунок 4 - Блок-схема эвристического алгоритма оценки величины углеродного следа предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота»

На рисунке 5 представлены результаты проведенной оценки величины углеродного следа предприятий-участников программы «Ответственная забота» за период с 2005 по 2019 год.

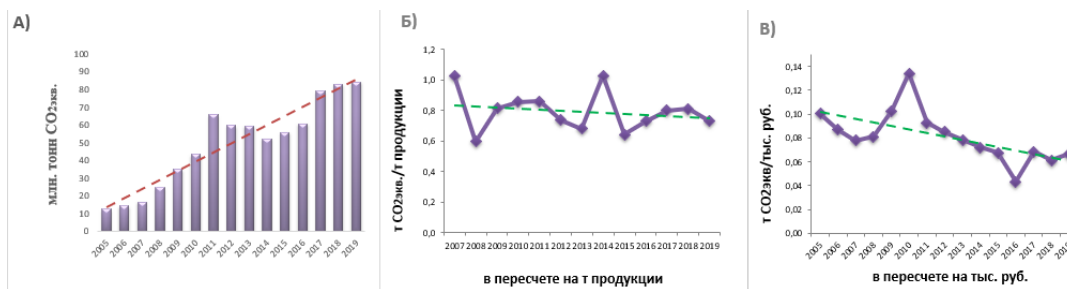


Рисунок 5 - Оценка величины углеродного следа предприятий-участников программы «Ответственная забота»: а) динамика абсолютных показателей; б) динамика относительных показателей, нормированных на тонну производимой продукции; в) динамика относительных показателей, нормированных на тыс. руб.

Проведено прогнозирование изменения количества выбросов парниковых газов предприятиями-участниками программы «Ответственная забота» при реализации Стратегии долгосрочного развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, разработанной Минэкономразвития России с целью реализации статьи 4 Парижского соглашения по климату (рис. 6).

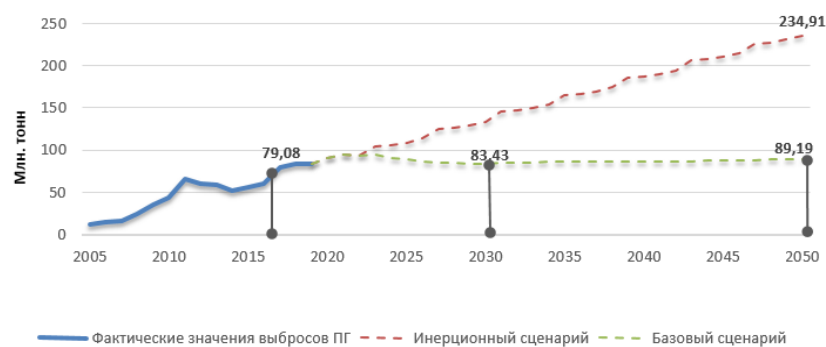


Рисунок 6 - Прогноз изменения количества выбросов парниковых газов предприятиями химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующими в программе «Ответственная забота», к 2050 году

Предложены меры государственного стимулирования предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности к переходу на низкоуглеродный путь развития.

В четвертой главе «Эколого-экономический анализ деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота» представлены результаты укрупненной оценки эколого-экономических ущербов от загрязнения окружающей среды. Совокупность удельных эколого-экономических ущербов от загрязнения окружающей среды, нормированных на количество произведенной продукции предприятиями-участниками программы «Ответственная забота», сократилась на 32% от значения 2007 года, что свидетельствует о заинтересованности предприятий как в увеличении производственных мощностей, так и в минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.

Представлены результаты расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду в пределах заданных допустимых значений по установленным Правительством РФ нормативам платы. Размер удельной платы за негативное воздействие на окружающую среду, нормированной на количество произведенной продукции предприятиями-участниками программы «Ответственная забота», сократился на 57% от значения 2007 года. Таким образом реализация программы «Ответственная забота» и стимулирование к экологизации производственной деятельности позволили получить предприятиям экономические выгоды.

Проведена оценка динамики расходов на природоохранную деятельность предприятий-участников программы «Ответственная забота», на основе расчета индекса физического объема природоохранных расходов за период с 2006 по 2019 год (рис. 7).

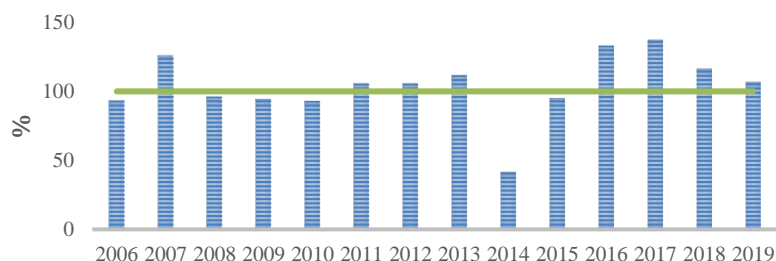


Рисунок 7 - Индексы физического объема природоохранных расходов предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота»

**Пятая глава «Оценка степени визуализации воздействия на окружающую среду предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности»** посвящена разработке методики оценки степени визуализации воздействия на окружающую среду производственных объектов (рис. 8), основанной на использовании органолептических методов. Разработанная методика является дополнительным малозатратным инструментом экологического мониторинга и производственного экологического контроля. Устранение визуализации воздействия производства на окружающую среду определено в качестве приоритетного направления развития программы «Ответственная забота» в РФ.



Рисунок 8 - Схема проведения оценки степени визуализации воздействия на окружающую среду предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности

Набор критериев проведения оценки, предложенный автором, может быть скорректирован в зависимости от характера и масштаба производства,



территориального расположения, а также особенностей воздействия на окружающую среду. Критерии оценки визуализации воздействия на окружающую среду разделены на четыре группы: выбросы загрязняющих веществ; сбросы загрязняющих веществ; промышленная площадка, включая обращение с отходами производства и потребления; санитарно-защитная зона/зона влияния. Для каждого критерия предложена оригинальная шкала оценок.

Расчет степени визуализации воздействия производства на окружающую среду проводится по формуле:

$$\varphi = 100 \cdot \left( 1 - \frac{\sum_{i=2}^5 \text{оценка} - N \cdot 2}{N \cdot (5 - 2)} \right)$$

где  $\varphi$  – степень визуализации воздействия производства на окружающую среду, %;  $N$  – количество критериев оценки визуализации воздействия производства на окружающую среду; «5» - максимальное значение шкалы оценок; «2» - минимальное значение шкалы оценок;  $\sum_{i=2}^5 \text{оценка}$  – суммарная величина оценок по выделенным критериям оценки визуализации воздействия производства на окружающую среду.

В зависимости от величины степени визуализации воздействия производства на окружающую среду предприятию присваивается одна из категорий: к красной категории относятся производства, степень визуализации которых составляет от 100% до 75% от максимально возможного; к оранжевой категории относятся производства со степенью визуализации, составляющей от 74% до 50% от максимально возможного; к желтой категории относятся производства со степенью визуализации, составляющей от 49% до 25% от максимально возможного; к зеленой категории относятся производства со степенью визуализации менее 25% от максимально возможного.

Разработанная методика апробирована на нескольких производственных площадках, что позволило получить информацию о приоритетных критериях, которые могут быть включены в экологическую политику и целевое планирование предприятий для разработки комплекса корректирующих мер.

## ВЫВОДЫ

1. С применением разработанного метода оценки экологической эффективности деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота», выявлены КРІ в области охраны окружающей среды, имеющие положительную динамику за период реализации добровольной инициативы и подготовки отчетности, а также экологические аспекты, требующие улучшения. Такие показатели, как выбросы оксида углерода, выбросы прямых парниковых газов, величина углеродного следа должны быть включены в целевое планирование предприятий для разработки мероприятий по их сокращению.

2. Проведена оценка величины углеродного следа предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота». На основании полученных результатов спрогнозировано изменение количества выбросов парниковых газов предприятиями-участниками программы к 2050 году. Установлено, что для реализации базового сценария Стратегии долгосрочного развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года величина углеродного следа предприятий-участников программы «Ответственная забота» должна быть сокращена на 62%.

3. Проведен эколого-экономический анализ деятельности предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности, участвующих в программе «Ответственная забота». Установлено, что удельные эколого-экономические ущербы от загрязнения окружающей среды и платы за негативное воздействие на окружающую среду, нормированные на количество произведенной продукции предприятиями, сократились на 32% и 57% соответственно за период реализации добровольной инициативы, что свидетельствует об экономической эффективности реализации программы «Ответственная забота».

4. Проведена апробация методики оценки степени визуализации воздействия предприятий химической и нефтехимической отраслей промышленности на окружающую среду, разработанной в дополнение к экологическому мониторингу

и производственному экологическому контролю. По результатам проведенной оценки производственные объекты отнесены к желтой категории, их степень визуализации воздействия на окружающую среду составила 26% и 44%, поэтому с точки зрения визуальной оценки деятельность предприятий можно считать удовлетворительной. Результаты применения методики могут быть использованы предприятиями для демонстрации культуры производства.

5. Основные результаты диссертационной работы получили практическое применение в Фонде содействия развитию химической промышленности, ООО «КОЛТЕК-спецреагенты», АНО ЭСЦ «ВОСТОК» и АО «МИПП НПО «Пластик».

**Основные результаты диссертации изложены в следующих работах:**

*Статьи, опубликованные в журналах, индексируемых в международных системах SCOPUS и Web of Science:*

1. Makarova A. S. Environmental Performance Assessment of the Chemical Industries Involved in the Responsible Care® Program: Case Study of the Russian Federation / A. S. Makarova, E. B. Kruchina, X. Jia, **E. I. Kudryavtseva**, I. G. Kukushkin // Journal of Cleaner Production. – 2019. – V. 222. – P. 971-985.
2. Makarova A. Analysis of the management system in the field of environmental protection of russian chemical companies / A. Makarova, N. Tarasova, I. Kukushkin, E. Reshetova, V. Meshalkin, **E. Kudryavtseva**, R. Kantyukov // International Journal for Quality Research. – 2018. – V. 12 (1). – P. 43-62.
3. Makarova A. Ecological and Economic Model of Performance Evaluation of the Companies Involved in the Responsible Care® Program / A. Makarova, V. Meshalkin, **E. Kudryavtseva**, J. J. Klemeš, I. B. Ulatov // Chemical Engineering Transactions. – 2017. – V. 61. – P. 1477-1482.

*Статьи, опубликованные в журналах из перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определяемого ВАК Минобрнауки РФ:*

4. Макаров С. В. Управление степенью визуализации воздействия промышленных объектов на окружающую среду / С. В. Макаров, **Е. И. Кудрявцева**, А. С. Макарова // Экология и промышленность России. – 2016. – № 20. – С. 44-49.
5. Макаров С. В. Визуальная оценка эффективности экологической деятельности предприятий / С. В. Макаров, **Е. И. Кудрявцева**, А. С. Макарова // Экология промышленного производства. – 2016. – № 3 (95). – С. 36-42.

*Свидетельства о праве на объекты интеллектуальной собственности:*

6. Устройство экологического мониторинга атмосферы и почвы: пат. 178114 Рос. Федерация. Заявка № 2017120516; заявл. 13.06.2017; опубл. 23.03.2018, Бюл.

№ 9. - 7 с.

7. Оценка воздействия на окружающую среду смесевой химической продукции: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2017617751 Рос. Федерация. Зарегистр. 11.07.2017. - 1 с.

*Прочие публикации:*

8. **Кудрявцева Е. И.** Оценка эффективности природоохранной деятельности российских химических предприятий // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Т. 2. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – С. 151-152.
9. **Кудрявцева Е. И.** Оценка влияния российских химических предприятий на изменение климата // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021» [Электронный ресурс] – ISBN 978-5-317-06593-5. – 1 с.
10. **Кудрявцева Е. И.** Оценка экологической результативности химических компаний-участников программы «Ответственная забота» / **Е. И. Кудрявцева**, А. С. Макарова // Современные проблемы экологии: доклады XXV междунар. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2020. – С. 202-205.
11. **Кудрявцева Е. И.** Методологический подход к оценке экологической безопасности химических компаний / **Е. И. Кудрявцева**, А. С. Макарова // Математические методы в технике и технологиях. – ММТТ. Т. 7. Саратов: Изд-во Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., 2017. – С. 120-125.
12. Яровая О. В. Управление потерями как инструмент предупреждения негативного воздействия на окружающую среду / О. В. Яровая, **Е. И. Кудрявцева**, С. В. Макаров // Тезисы научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития», посвященная 80-летию со дня рождения академика В.А. Легасова. – Москва, 2016. – Т. 1. – С. 27-31.
13. Макарова А. С. Анализ эффективности управления на российских химических предприятиях – участниках программы «Ответственная Забота» с помощью комплексных эколого-социальных показателей и экологических индикаторов / А. С. Макарова, **Е. И. Кудрявцева**, А. Н. Меньшиков, С. В. Макаров // Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – Т. 28. – № 4 (153). – С. 31-34.
14. Макарова А. С. Разработка рекомендаций по внедрению и развитию интегрированных систем менеджмента на российских предприятиях / А. С. Макарова, **Е. И. Кудрявцева**, С. В. Макаров // Материалы III Международной конференции по химии и химической технологии. – Ереван, 2013. – С. 584-585.