

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



**Исаев Илья Валерьевич**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ И ПРОЦЕДУР  
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ  
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА С  
ПРИМЕНЕНИЕМ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Специальность 08.00.13 – математические и инструментальные методы  
экономики (экономические науки)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Научный руководитель –  
доктор технических наук,  
профессор  
Рогачев А.Ф.

Волгоград - 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА.....	14
1.1 Теоретико-методологические основы оценки региональной эколого- экономической безопасности.....	14
1.2 Обзор экономико-математических методов и моделей в области эколого-экономического менеджмента.....	23
1.3 Особенности построения системы поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента.....	38
1.4 Проблемы создания систем поддержки принятия решений в области обеспечения эколого-экономического менеджмента.....	46
ГЛАВА 2. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ УРОВНЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕГИОНОВ РФ.....	51
2.1 Математическое моделирование уровней эколого-экономического состояния региона с использованием функций комплексных переменных.....	51
2.2 Классификация субъектов РФ по соотношению экологического состояния и затрат на природоохранные мероприятия.....	62
2.3 Структура разрабатываемой системы поддержки принятия решений с использованием базы данных на основе облачных технологий.....	71
ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА.....	89
3.1 Анализ и реализация облачного хранения данных для	

разрабатываемой системы поддержки принятия решений.....	89
3.2. Функциональные характеристики программы для оценки эколого-экономического состояния субъектов РФ.....	98
3.3 Разработка программного интерфейса системы поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента с учетом согласованности мнений экспертов.....	107
3.4 Оценка эффективности природоохранных мероприятий с использованием системы поддержки принятия решений.....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	127
СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	131
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	132
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	153

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** В конце 20-го века проблема обеспечения безопасности эколого-экономических систем стала одной из ключевых в развитии государства, а также одной из новых междисциплинарных, в том числе экономических направлений научных исследований. Значение данной проблемы в условиях современной экономики обусловлено необходимостью организации управления безопасностью социума, стремительным ростом опасности техногенных и экологических катастроф, ограниченностью природных ресурсов.

Основным направлением исследований проблемы обеспечения региональной эколого-экономической безопасности являются поиски методов решения задач оценки уровня эколого-экономического состояния, территории, а также разработка многофакторных статистических моделей на основании данных о состоянии окружающей среды. Актуальной является также задача совершенствования алгоритмов и процедур технологий принятия решений в области эколого-экономического менеджмента, на основе которых реализуется политика эколого-экономической сбалансированности, т.е. согласованного развития экономических и экологических процессов в регионе.

Развитие информационных технологий (ИТ) способствует внедрению новых методов управления эколого-экономическими системами, основанных на использовании систем поддержки принятия решений. Разработка региональной системы поддержки принятия решений (СППР) в сфере анализа и оптимизации эколого-экономических показателей производственной деятельности позволит добиться качественно новых результатов в обеспечении экологически безопасного состояния с учетом экономических затрат. Ключевым компонентом СППР в области эколого-экономической безопасности является адекватная математическая модель эколого-экономического состояния территории, учитывающая значительное

количество различных показателей. С целью обработки больших массивов данных, в СППР необходимо использовать методы агрегирования экологических и экономических групп показателей. Кроме того, одной из важных задач является организация актуализации, хранения и обработки информации с использованием виртуальных (облачных) хранилищ данных, необходимых лицам, принимающим решения (ЛПР), для принятия обоснованных управленческих решений.

Таким образом, разработка новых алгоритмов функционирования СППР позволит решить проблему совершенствования оценки эколого-экономического состояния территорий, в результате чего будет повышено качество управленческих решений в сфере эколого-экономического менеджмента, что и определяет актуальность темы исследования.

Работа выполнена в соответствии с темой 8.2 - «Математическое моделирование обеспечения региональной эколого-экономической безопасности» программы научных исследований, выполняемых ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет».

**Степень разработанности проблемы.** Проблемой оценки эколого-экономического состояния, в том числе региональных систем, занимались Т.А. Акимова, Г.А. Атаманов, С.Н. Бобылев, В.А. Королев, И.С. Масленникова, В.С. Минаков, В.С. Митяков, М.А. Пономарева, Е.В. Рюмина, В.В. Селютин, В.К. Сенчагов, С.В. Соловьев, В.В. Третьяков, С.Г. Тяглов и др.

Экономико-математическим моделированием и статистической оценкой экономических показателей занимались такие ученые, как А.И. Белоусов, Л.Ю. Богачкова, А.Н. Герасимов, И.Ю. Глазкова, Г.В. Горелова, В.В. Давнис, А.Н. Ильченко, М.С. Красс, Н.Н. Лябах, Л.Г. Матвеева, И.А. Наталуха, А.Ф. Рогачев, Н.Н. Скитер, А.К. Борлакова, Е.А. Петрова, Л.Н. Усенко, Я.В. Федорова, Е.И. Царегородцев, А.В. Шохнех и др. Отдельными вопросами экономико-математического моделирования с использованием комплексозначного показателя занимались Г.В. Савинов,

С.Г. Светульников, Д.Ю. Трофимов, А.Ф. Чанышева и др.

Совершенствованию алгоритмов и процедур принятия решений посвящены работы А.Г. Гагарина, В.А. Иванюк, С.В. Крюкова, О.Ю. Патракеевой, Н.П. Садовниковой, Е.Д. Стрельцовой, П.В. Терелянского, Г.Н. Хубаева и др. Вопросы организации хранения данных и применения облачных технологий рассматриваются в работах ученых: Е.Ф. Бычковой, И.Ю. Кондрашевой, Ю.И. Молородова, Ю.И. Рогозова, Ю.К. Сергеева, Э.Е. Тихонова, А.М. Федотова, Р.В. Шарапова и др.

В то же время, вопросы оценки уровня эколого-экономического состояния и совершенствования технологий поддержки принятия решений в данной сфере исследованы недостаточно, что и определило выбор темы диссертационного исследования.

**Цель и задачи исследования.** *Целью* диссертационного исследования является совершенствование алгоритмов и процедур поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента с использованием облачных технологий для хранения и анализа данных. Достижение поставленной цели потребовало решения следующих *задач*:

- анализ теоретико-методологических основ оценки уровня и эффективности эколого-экономического менеджмента, а также экономико-математических методов и моделей в данной области;
- выявление проблем и особенностей создания **СППР** в области эколого-экономического менеджмента;
- построение экономико-математической модели для оценки эколого-экономического состояния регионов;
- разработка структуры СППР и облачной базы данных (ОБД);
- разработка требований к интерфейсу СППР в области эколого-экономического менеджмента с учетом согласования суждений различных групп экспертов;
- исследование функционирования СППР и оценка эффективности

природоохранных мероприятий с ее использованием.

**Объект и предмет исследования.** *Объектом* исследования являются региональные экономические системы и промышленные предприятия, формирующие состояние окружающей среды.

*Предметом* исследования являются региональные эколого-экономические процессы, описываемые математическими моделями с использованием инструментальных средств.

Диссертационная работа выполнена в рамках следующих пунктов паспорта специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики (экономические науки): п. 1.2. «Теория и методология экономико-математического моделирования, исследование его возможностей и диапазонов применения: теоретические и методологические вопросы отображения социально-экономических процессов и систем в виде математических, информационных и компьютерных моделей»; п. 2.4. «Разработка систем поддержки принятия решений для обоснования общегосударственных программ в областях: социальной; финансовой; экологической политики»; п. 2.6. **«Развитие теоретических основ методологии и инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем субъектов экономической деятельности: методы формализованного представления предметной области, программные средства, базы данных, корпоративные хранилища данных, базы знаний, коммуникационные технологии».**

**Рабочая гипотеза диссертационного исследования** состоит в том, что уровень эколого-экономической безопасности субъектов Российской Федерации в условиях рыночной экономики, недостаточности правового регулирования и нехватки структурированной информации существенно зависит от качества принимаемых управленческих решений. Совершенствование алгоритмов и процедуры поддержки принятия решений в этой сфере с применением облачных технологий для хранения и анализа данных позволит принимать более эффективные научно-обоснованные

решения в области обеспечения эколого-экономической безопасности.

**Теоретической и методологической базой исследования** послужили труды отечественных и зарубежных ученых по эколого-экономическому менеджменту, теории принятия решений, экономико-математическому моделированию автоматизации управления информационными процессами. Исследования основаны на использовании, в рамках системного подхода, теоретических положений структурного и объектно-ориентированного анализа предметной области, экономико-математического и статистического моделирования, кластерного анализа, метода групповых экспертных оценок.

**Информационно-эмпирической базой исследования** явились экономические, отчетно-аналитические и статистические материалы, данные автора, собранные в ходе изучения деятельности ряда промышленных предприятий, законодательство Российской Федерации.

**Инструментально-методический аппарат исследования** составили методы научного познания – объектно-ориентированного анализа, статистической обработки данных с применением пакета статистического анализа STATISTICA Base for Windows v.12 En / v.10 Ru, а также использования языков запросов SQL и программирования Java 8.0 с использованием средства разработки IntelliJIDEA 14.1.5, облачного сервиса Amazon RDS.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Результаты проведенного исследования экономико-математических моделей применяемых для оценки состояния уровня экологического и экономического состояния регионов РФ. **Предложен подход к построению интегрального показателя эколого-экономического состояния регионов РФ на основе комплексной функции.** В качестве параметров для расчета интегральной оценки, на основании суждений экспертов, выбраны пять базовых **сгруппированных** **экономических** **показателей** и четыре экологических показателя.



2. Классификация субъектов РФ методом К-средних по пяти кластерам на основании интегрального показателя, полученного в результате применения комплексной функции. К первому классу отнесены регионы, расходующие большие объемы денежных средств на нормализацию экологии, к пятому кластеру - **регионы, в которых проблема** экологии не является ключевой.

3. Структура облачной БД «Экостат», разработанная для хранения статистических и расчетных данных об эколого-экономическом состоянии регионов РФ.

4. Алгоритм программы для ЭВМ «RegEcoSafe», позволяющий получить интегральную оценку эколого-экономического состояния субъектов РФ на основании информации БД «Экостат». Интерфейс программного обеспечения (ПО) «RegEcoSafe» реализован в соответствии с требованиями, предъявляемыми экспертами в области эколого-экономического менеджмента.

5. Ранжированный перечень критериев интерфейса СППР в области эколого-экономического менеджмента, сформированный на основе результатов применения метода групповых экспертных оценок.

6. Результаты исследования функционирования СППР и оценка эффективности реализации природоохранных мероприятий в субъектах РФ с использованием корреляционного анализа показателей «затраты на охрану атмосферного воздуха» и «количество экологических нарушений». На основании полученных данных произведена группировка регионов РФ по величине и знаку корреляционного отношения.

**Научная новизна результатов исследования** состоит в разработке новых подходов, экономико-математических моделей и информационных технологий для совершенствования алгоритмов и процедур поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента. Конкретные элементы новизны заключаются в следующем:

1. Предложен новый подход к построению интегрального показателя эколого-экономического состояния регионов РФ, в основе которого, в отличие от индекса или индикатора регионов, предлагаемого С.Н. Бобылевым, В.С. Минаковым, С.В. Соловьевым, В.В. Третьяковым [134], В.К. Сенчаговым [100], В.С. Митяковым [68], **лежит использование комплексной функции с аддитивной сверткой экономических** (действительная часть) и экологических (мнимая часть) показателей, позволяющей анализировать соотношение уровня экологического состояния региона и затрат на природоохранные мероприятия.

2. Разработана **система классификации субъектов** РФ по соотношению экологического состояния и затрат на природоохранные мероприятия, отличающаяся от классификаций Е.В. Рюминой, А.М. Аникиной [90], О.А. Шиховой [132] **использованием предложенного комплексного показателя при проведении кластерного анализа методом К-средних**, которая позволила выявить пять кластеров среди регионов РФ: от регионов с наиболее высокими затратами на природоохранные мероприятия и сложной экологической обстановкой до регионов с низким уровнем загрязнения, что дает возможность определить субъекты РФ, в которых эколого-экономическая ситуация является наиболее острой.

3. Разработана структура организации хранения статистических и расчетных данных об эколого-экономическом состоянии регионов РФ (БД «Экостат»), учитывающая, в отличие от И.Ю. Кондрашевой, Е.Ф. Бычковой [51], Р.В. Шарапова [131], Ю.И. Молородова, А.М. Федотова [69], **особенности расчета предложенного интегрального показателя** на основе **комплексной функции**; данная структура основана на применении технологии виртуализации Amazon RDS, обеспечивающей организацию настройки, использования и масштабирования реляционной базы данных в виртуальном облачном хранилище, что позволило повысить уровень сохранности информации, предоставить возможность мобильного доступа к данным, позволяющего использовать БД «Экостат» на неограниченной

территории и без осуществления операций по ее передаче и переносу.

4. **Разработан алгоритм программы** для ЭВМ «RegEcoSafe», реализующий расчет интегральной оценки эколого-экономического состояния субъектов РФ на основании информации БД «Экостат», что является отличительной особенностью данной разработки **по сравнению с инструментарием, предложенным Е.Л. Мухаметшиной [70], О.Ю. Патракеевой [76], Н.Н. Скитер [152].** ПО «RegEcoSafe» учитывает специфику решаемых задач и может стать основой СППР, так как позволяет повысить обоснованность принимаемых управленческих решений за счет улучшения качества предоставляемых информационных услуг.

5. На основе многоэтапной экспертной оценки с определением коэффициента ранговой корреляции на каждом этапе предложен ранжированный перечень критериев интерфейса СППР в сфере эколого-экономического менеджмента, учитывающий, в отличие от известных Г.Н. Хубаева [122], М. Zarrillo [146], V. Jones [139], требования функциональной полноты и эргономичности, в том числе при применении облачных технологий, что позволило обосновать ключевые характеристики интерфейса ПО для их реализации в программе «RegEcoSafe» с целью обеспечения удобства использования и повышения качества принимаемых управленческих решений.

6. В результате исследования эффективности реализации природоохранных мероприятий, проведенного с использованием корреляционного анализа взаимосвязи показателей затрат на охрану атмосферного воздуха и количества экологических нарушений, произведена группировка регионов РФ по величине и знаку корреляционного отношения, что позволило выявить субъекты с наименее эффективным использованием средств на природоохранные мероприятия.

**Теоретическая значимость исследования** состоит в развитии известного **комплекснозначного подхода** к совершенствованию математического аппарата экономико-математического моделирования в

части **использования аддитивной свертки с экспертной оценкой весовых** коэффициентов частных показателей для формирования действительной (экономической) и мнимой (экологической) частей предложенного интегрального показателя уровня эколого-экономического состояния регионов, а также в исследовании изменения модуля и полярного угла вектора интегрального показателя с визуализацией на комплексной плоскости при решении задач динамической оценки эффективности эколого-экономического менеджмента.

**Практическая ценность исследования** заключается в том, что его основные положения, выводы и рекомендации, в частности алгоритмы, БД и математическая модель, реализованные в программе для ЭВМ, могут быть использованы различными федеральными и муниципальными государственными органами, определяющими экологическую политику государства и обеспечивающими финансирование экологических программ, а также различными производственными предприятиями для выявления проблемных производственных зон, оптимизации и планирования расходов, обеспечения экологического мониторинга для совершенствования уровня эколого-экономической безопасности.

#### **Апробация результатов диссертационного исследования.**

Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на научных конференциях, в том числе: V Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» (Волгоград, 2013); Международная научно-практическая конференция молодых исследователей, посвященная 70-летию Победы в Сталинградской битве «Наука и молодёжь: новые идеи и решения» (Волгоград, 2013); Международная научно-практическая конференция «Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий условиях ВТО» (Волгоград, 2014); VII Международная научно-практическая конференция молодых исследователей, посвященная 70-летию Победы в Великой Отечественной войне «Наука и молодёжь: новые идеи и решения»

(Волгоград, 2015); III Международная научно-практическая интернет-конференция «Актуальные научные исследования в современном мире» (Переяслав-Хмельницкий, 2015); Международная научно-практическая конференция «Фундаментальная и прикладная наука: основные итоги 2015 г.» (Санкт-Петербург, Россия – North Charleston, SC, USA, 2015); XXII Друкеровские чтения «Инновационное развитие России: императивы и альтернативы» (Москва, 2016), XX Международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении» (Санкт-Петербург, 2016).

Результаты диссертационного исследования приняты к использованию и внедрены в ряде государственных и коммерческих организаций, в том числе: МБУ «Городской информационный центр» Администрации г. Волгограда, ООО «Волгоградская машиностроительная компания «ВГТЗ», а также в учебном процессе ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет».

Отдельные аналитические разработки, выполненные в рамках диссертации, были использованы при проведении исследований по Гранту РФФИ № 15-46-02566 «Математическое моделирование и совершенствование института налоговых механизмов для обеспечения экологической безопасности Волгоградского региона с учетом межотраслевых экстерналий» в 2015-2016 гг.

**Публикации.** Основные результаты диссертационного исследования изложены в 17 работах общим объемом 4,5 п.л. (личный вклад автора составляет 3,95 п.л.), в том числе в 5 статьях, опубликованных в журналах из Перечня изданий, рекомендованных ВАК, в Роспатент зарегистрированы база данных, а также программа для ЭВМ.

**Структура и объем диссертационного исследования.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 152 наименования, и 6 приложений. Работа изложена на 173 страницах, содержит 39 таблиц, 45 рисунков.

# ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА

## 1.1 Теоретико-методологические основы оценки региональной эколого-экономической безопасности

В конце 80-х годов прошлого века получили свое начало две доктрины (концепции): «Человеческого развития» и «Устойчивого развития». Их динамичное развитие пришлось на 90-е годы. Главным задачам и способами перехода общества к устойчивому развитию были посвящены Крупнейшие форумы ООН в Рио-де-Жанейро (1992 г.) и Йоханесбурге (2002 г.). В широкомасштабный проект развития человека была неотъемлемо включена альтернатива достижения природоохранной стабильности, которая получила свое отображение в акте «Цели развития тысячелетия», утверждённом Генеральной ассамблеей ООН в сентябре 2000 г.

Основным поводом происхождения и становления доктрины человеческого развития и доктрины устойчивого развития стало понимание односторонности сформировавшейся модели экономического роста. Пренебрежительное отношение к социальным и экологическим аспектам развития, сформировавшиеся стереотипы максимизирования стандартов потребления, абсолютизирование устоявшихся экономических показателей, например, «роста материального благосостояния» – привели к критическим явлениям, которые в настоящее время приняли глобальный характер [3].

Из трех причин экономического развития капитала (трудовые ресурсы, физический капитал, природные ресурсы) в последнее время в большей степени именно экологическое благосостояние ограничивает экономический рост [8, 12].

В настоящее время модель эколого-экономического процесса является

следствием **развития техники и технологии** и содержит следующие характеристики [19]:

- природоемкость (конкретизируется как природоразрушающий тип, т. е. происходит через стремительное и истощающее применение невозобновимых видов природных запасов);

- применение синтетических способов производства, реализованных без учета экологических сдерживаний;

- сверхэксплуатация возобновляемых источников (почва, леса и др.), т. е. со скоростью, превосходящие вероятности их воспроизводства и возобновления;

- диапазоны засорения и объемы отходов, превосходившие анаболические вероятности ОС;

- множественны неблагоприятные внешние эффекты.

В тоже время за пределами анализа экономической теории и практики до недавних пор оставался результат **экономического становления в виде** разного рода засорений, урона человеческому здоровью, регресс ОС (имеются в виду обратные связи между экологическим регрессом и хозяйственным становлением, качеством жизни населения и расположением трудовых источников) [34].

В тоже время при создании стратегии общественно-экономического становления надлежит рассматривать, по меньшей мере, три экологических сдерживания [57].

- **приостановление вероятностей ОС** принимать и впитывать, разного рода отходы и засорения;

- вырождение возобновляемых природных источников в итоге непомерного применения (земля, лес, рыбные источники, биоразнообразие);

- стержневой тип невозобновимых природных источников (пригодные ископаемые, нефть, металлы и др.).

Пренебрежительное отношение к экологическим ограничениям в

уюду техногенному ходу роста экономики приводит к всеобщим **экологическим затруднениям**, среди которых выделяются следующие:

- всеобщие перемены микроклимата;
- опустынивание, вырубка леса;
- нехватка сырья;
- ослабление озонового слоя, кислотные ливни;
- нехватка пресной воды и засорение мирового океана;
- уменьшение биоразнообразия и др.

Под эколого-экономической безопасностью понимается **состояние защищенности** экономических, социальных и экологических **интересов** людей, общества от **угроз**, возникающих в результате процесса **природопользования** [19].

Сущность, понятия «эколого-экономическая безопасность» (ЭЭБ) позволяет определить предмет, объект исследования и обусловить методологический подход к анализу степени эколого-экономического состояния региона [65].

Предметом исследования ЭЭБ территории является комплекс экологических и экономических отношений, которые возникают между хозяйствующими субъектами, обществом и природной средой по вопросам обеспечения защиты окружающей среды, осуществления социально-экономических потребностей субъектов и формирования качественного состояния жизни общества и людей.

Цель ЭЭБ заключается в усовершенствовании эколого-экономических отношений в благоприятных для природы и человечества тенденциях, создавших условия для экономического благосостояния, высококачественного состояния жизнедеятельности и здоровья людей.

**Эколого-экономическая безопасность** определяет нижеперечисленные основные задачи: [152]

- **утверждения с учетом** экологического фактора экономически согласованного расположения производительных сил;



– законотворческого фиксирования обязательных природоохранных правил и воспрещения **координирования и** ведения общехозяйственной деятельности, выражающей негативное влияние на состояние окружающей среды;

– модернизация управленческой системы природопользования в рамках социально-экономической политики страны с **надлежащим определением** обязательных изменений в политике по данным вопросам;

– исследование причин вырождения окружающей среды, взаимосвязи экономических, социальных, и экологических факторов, воздействующих на этот процесс;

– оценки воздействия деградации окружающей среды на совершенствование эколого-экономической системы (ЭЭС);

– уменьшение степени производственного воздействия на природную среду путем использования современных методов **применения отходов**, а также введения предупреждающих мер минимизации производства других загрязняющих веществ;

– мониторинг социально-экономического развития общества;

– предотвращение формирования неблагоприятных эколого-экономических ситуаций в различных сферах деятельности.

Объектом ЭЭБ являются [12, 6]:

– основные факторы стабильного и безопасного развития производства, которые определяются техноёмкостью и производственными возможностями региона;

– **жизнедеятельность и состояние территорий обитания человека;**

– природные ресурсы, используемые в производственной деятельности и участвующие в рыночном обороте;

– разнообразные виды деятельности хозяйствующих субъектов, использующих природные ресурсы.

Эколого-экономический рост региона [8] – процесс, целью которого является стабилизация основных показателей ЭЭС в рамках, которые

обеспечивают развитие региона, а также качественное совершенствование условий жизни и обеспечение состояния безопасности субъектов, обусловленный воздействием механизмов, построенных на экономических стимулах экологически приемлемого развития [4].

Относительно замкнутая подсистема ЭЭБ субъекта связана с другими региональными подсистемами функциональными и иерархическими отношениями и взаимозависимостями. Необходимые гарантии безопасности на уровне отраслей, рынков, и групп предприятий (мезоэкономики) значительно зависит от степени экономического состояния и роста региона.

**Оптимальное развитие** региона определяется, главным образом **вероятностью**, более эффективной эксплуатации его природного и производственно - экономического потенциала в целях роста уровня жизни людей на данной территории [10].

Мониторинг оперативности обеспечения ЭЭБ в регионе устанавливает количественные и качественные параметры их воздействия. В условиях перехода к модели экоразвития, становится очевидным то, что значительно усилится экологическая упорядоченность интересов практически всех субъектов федерации. Поэтому, в наибольшей степени полная реализация всех экономических и других интересов регионов не может быть достигнута без выполнения установленных экологических требований, таких как целесообразное использование земли, лесных, водных ресурсов, не загрязнение воздушного и водного бассейнов и др. [3]

В случае невыполнения регионом установленного государством экологического требования по соблюдению правил охраны окружающей среды на этот субъект будут накладываться материальные и административные санкции. Следовательно, будет сокращаться прибыль, эффективность производства, усложниться проблема реализации интересов и удовлетворения материальных потребностей. В таком случае ЭЭБ оказывается не только одним из условий хозяйственной деятельности, но и важнейшим правилом общехозяйственного устройства осуществления

интересов всех территорий [103, 104].

Систему ЭЭБ возможно сформировать и реализовать почти в любом субъекте нашей страны вне зависимости от промышленного и экономического ресурса региона, а также от природно-климатических, эколого-экономических и прочих условий. Расценивая устойчивость страны, отрасли, региона с позиции экономики, в данном случае имеем в виду ту реальную характеристику, которая является главным принципом для удовлетворения экономических нужд. Следовательно, с учетом экологического требования, в качестве объектов ЭЭБ анализируются экономические отношения следующих уровней (Рис. 1.1).

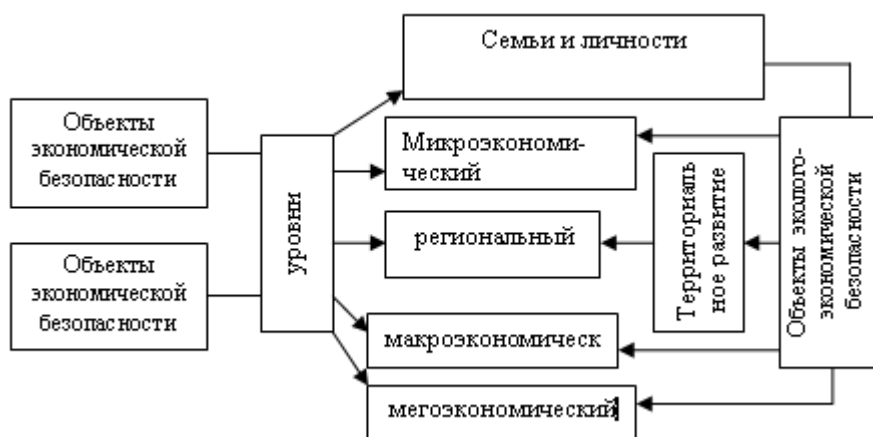


Рисунок. 1.1 - Уровни объектов ЭЭБ

Источник: [103]

Так как данная система представлена достаточно сложной иерархической структурой, употребляемые вместе с ней некоторые понятия в оценке объектов экобезопасности, такие как, интересы и угрозы, в свою очередь имеют конкретную иерархическую структуру.

Установив степень отношений ЭЭБ можно твердо сказать, что наиболее незащищённым интерпретируется уровень региона. В современных условиях роста наиболее уязвимыми являются нижеуказанные компоненты, территориального роста: экологическая, природоресурсная,

социальная.

Содержание ЭЭБ **выражается в системе показателей**, предельное значение которых имеет немаловажное значение для ее обеспечения. Индикаторы ЭЭБ - количественные значения состояния экосистемы, определяющие, насколько данная система защищена от внешних и внутренних угроз. Предельные величины - пороговые значения индикаторов и критериев безопасности, изменение превышения или сокращение которых ведет к возникновению отрицательно влияющих, процессов в экосистеме [8].

Экологическая опасность – предсказуемые следствия развития событий катастрофического происшествия, которые вызваны изменениями положения природной среды и могут нанести ущерб жизненно необходимым интересам общества, личности, и страны в целом. [44] Основой экологической угрозы являются объекты хозяйственной, бытовой и иной деятельности, охватывающие немаловажные факторы экологического риска. Примерами подобных объектов являются промышленные и сельскохозяйственные предприятия, предприятия энергетики, транспорта, а также военные полигоны, свалки бытовых отходов и т.д. организации, предприятия осуществляют выбросы и сбросы загрязняющих веществ определенного характера (постоянные техногенные выбросы) возможность реализации которых равна 1, а так же выбросы аварийные, с вероятностью меньше 1 [34].

Экологическая угроза может возникать из-за экологических преступлений или правонарушений [19].

Выделим уровни экологической угрозы:

- глобальный;
- национальный;
- региональный;
- локальный;
- точечный.

Функции и объекты гарантии ЭЭБ на различных уровнях разные.

Даже при решении задачи главной ЭЭБ фактически всегда остаются локальные и региональные экологические опасности, которые естественно связаны с экологией человека - это опасности **засорение** природной среды в местах жизнедеятельности, а также иные угрозы здоровью человека, которые предопределены хозяйственной деятельностью [40].

**Гарантия** ЭЭБ практически любой организации - это всегда **циклическое развитие**. На это той основе представим основополагающие характеристики процесса гарантии ЭЭБ промышленного предприятия [56].

**Методы гарантии** ЭЭБ предприятия - это система приемов организации, реализации и управление, которая позволяет достичь важных **значений уровня** ЭЭБ организации. На рисунке 1.2 приведены этапы обеспечения ЭЭБ крупнопромышленных предприятий, сфокусированные на анализ текущего положения компании, обнаружение угроз и разработку предупреждающих мероприятий [103].



Рисунок 1.2 - Этапы обеспечения ЭЭБ промышленных предприятий

Источник: [103]

Предложения по консолидации ЭЭБ промышленных предприятий возможны следующие: рекомендации в части основных фондов приведет к

увеличению ЭЭБ на 23%; введение инновационных технологий позволит повысить ЭЭБ на 18%; увеличение платы за загрязнение на 25% приведет к снижению уровня ЭЭБ на 3%; внедрение программы повторного использованию очищенных сточных вод в системе оборотного водоснабжения позволит повысить уровень ЭЭБ на 13% [104].

Система угроз безопасности обозначается в качестве меняющейся системы причинно-следственных связей с немалым количеством линий, обратных связей, наличие которых может значительно повысить результаты какой-либо конкретной угрозы безопасности. В целом схема обеспечения ЭЭБ субъекта включает, девять взаимосвязанных блоков (Рис. 1.3) [103].

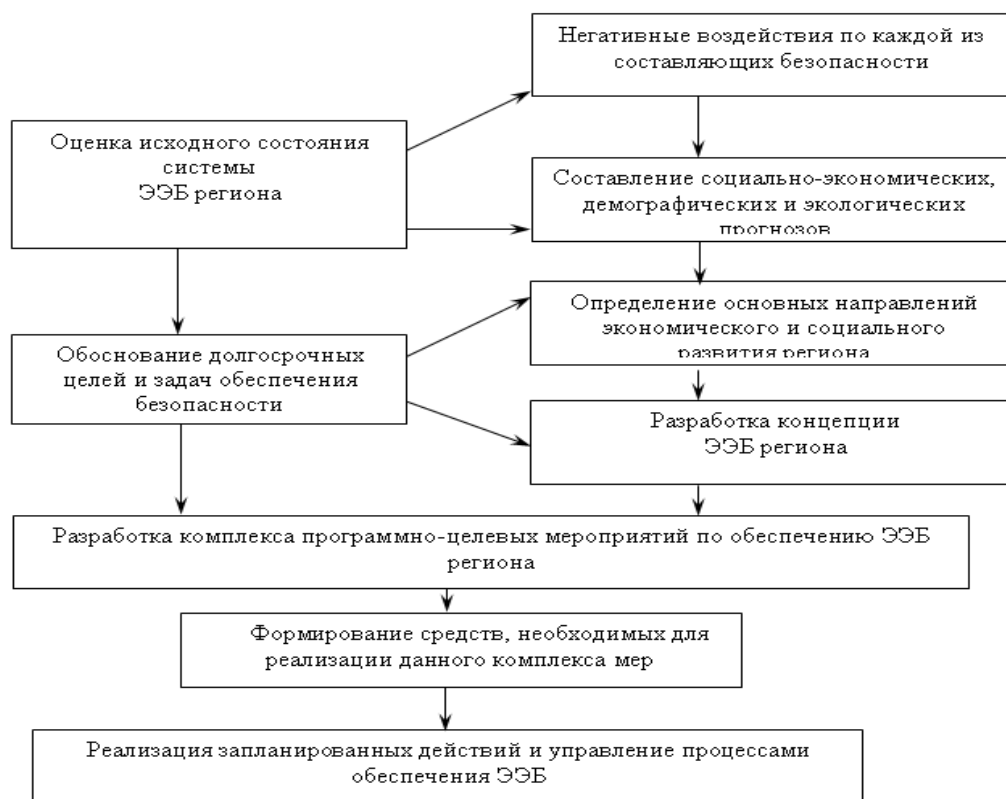


Рисунок 1.3 - Схема обеспечения ЭЭБ региона

Источник: [103]

Таким образом, главной целью гарантии ЭЭБ является определение допустимых уровней угрозы и локализация действий обусловленных и случайных факторов, которые активизируют появление угроз, чтобы эти

уровни опасности не преобладали. [12]

Заключительной стадией анализа текущего уровня гарантии ЭЭБ предприятий является комплексный мониторинг рациональности реализованных мер по устранению вреда и минимизированию потерь, а также воздействие подобных мер на доход хозяйствующего субъекта. Следовательно, все мероприятия направлены на обеспечение устойчивого роста предприятия, что позволит достичь взаимоусиливающего эффекта [5].

Оценка систематизации угроз безопасности в их согласовании, приводит к заключению о необходимости целостного подхода к решению вопросов обеспечения ЭЭБ на любой степени менеджмента - страна, регион, либо конкретное предприятие [10].

На уровне страны стратегия гарантии ЭЭБ регионов или субъектов федерации должна иметь продолжительный характер, и опираться на то, что в эколого-экономическом отношении на современном этапе более результативно «прогнозирование и предотвращение», чем «реагирование и восстановление». Вместе с тем, большое количество эколого-экономических угроз определяет необходимость обращения особого внимания и сил на безотлагательные меры по сокращению числа возможных угроз.

Общеметодологические подходы к анализу уровня ЭЭБ требуют оценки подходов к выделению факторов, характеризующих состояние и степень экономической и экологической безопасности, уточнения системы показателей, отражающих уровень безопасности.

## **1.2. Обзор экономико-математических методов и моделей в области эколого-экономического менеджмента**

Эколого-экономическая безопасность в целом предполагает проведение анализа и мониторинга, включающие следующие процессы:

- анализ полной ситуации, т.е. текущее состояние системы и ее ключевых элементов на выбранную дату периода;

- анализ основных проблем, наиболее существенных с позиции решения определенных задач регулирования территориального развития, а именно – достижение эколого-экономической безопасности, контроль процессов регулирования, диагностика различных состояний, процессов, формирующих эколого-экономическую безопасность, поэтому особо актуален вопрос диагностирования проблем, влияющих на эти состояния;

- мониторинг процессов развития системы, т.е. распознавание вектора направления и перечня параметров эколого-экономической системы в региональной ситуации эколого-экономической безопасности.

На практике мониторинг ЭЭБ региона чаще всего сводится к таким простым аналитическим процессам, как например, к созданию рейтинга «инвестиционной привлекательности регионов» или наиболее загрязненных городов России, т.е. к диагностике определенных узких проблем функционирования территориальной эколого-экономической системы [23].

При мониторинге и отслеживании эколого-экономической безопасности наибольшее влияние оказывают те факторы, которые или отрицательно, или положительно сказываются на уровне эколого-экономической безопасности и позволяют достигнуть ее количественного измерения [25, 27].

Для качественного и количественного измерения эколого-экономической безопасности используют экономико-математические методы, в частности методы экономико-математического моделирования, теории оптимизации, теории игр, теории полезности, теории нечетких множеств, теории случайных функций, анализа дифференциальных уравнений, сравнительной статистики равновесия, графический, расчетно-конструктивный. Зачастую в исследованиях в области экологии используются комбинированные методы и модели. Подобные модели имеют целевую направленность, например, для анализа структуры, исследования функционирования и эффективности, прибыли и др. [11]

В ходе исследования экологических процессов и экономических



явлений экономико-математические модели, как правило, рассматривают в корреляции с целевыми экономическими системами и распознают их как целостные структуры, являющиеся математическими моделями ЭЭС [38].

**Эколого-математические модели** чаще всего - это комбинированные модели (логико-математические, математико-иконографические), представляющие собой определенную систему математических взаимозависимостей, матриц, схем и др., объединенных в целостную систему, содержащую эколого-экономический смысл [39, 84].

Эколого-математическую модель можно представить как иконографическую - схемы **модели объекта**, а также в виде функциональной зависимости **состояния объекта** от времени [119]:

$$\theta(t) = f(X, A, G, Y, Q, t), \quad (1.1)$$

где  $A$  - входные факторы состояния объекта;

$X$  - параметры состояния управления объекта;

$G, Y$  - выходные факторы **состояния объекта**;

$Q$  - **факторы внешней среды.**

Указанные факторы необходимо представлять как векторные величины, которые изменяются во времени. При построении модели объекта, возможно применение различного вида модели для анализа каких-либо его частей с разнообразным целевым назначением.

Основная цель эколого-экономического моделирования заключается в качественном и количественном анализе реальных эколого-экономических процессов, отслеживание объективных условий, параметров и тенденций развития. Содержание эколого-экономического моделирования определяет основные ключевые принципы прогнозирования, к которым относят: системность, адекватность и альтернативность [127].

**Математическая модель - отображение анализируемого объекта в математической форме.** Модель позволяет получить информацию о различных состояниях объекта в будущем или возможных сроках их осуществления. Построение прогнозной модели предусматривает

возможность применения как одного, так и нескольких методов. Так, в случае построения линейной модели можно использовать методы средних, наименьших квадратов, экспоненциального сглаживания и т. д. [85]

Таким образом, математическое моделирование является одним из основных инструментов эколого-экономического анализа. Под инструментом понимается не только конкретное применение математических методов и технических средств их реализации, а также методология, взгляд на эколого-экономические процессы, на их конструкцию, свойства, становление с точки зрения аппарата математического моделирования. Применение эколого-математических способов и моделей позволяет получить новые качественные результаты экономических процессов и явлений в корреляции с экономической обстановкой [41].

В настоящее время экономико-математические модели - неотъемлемые инструменты теоретической и прикладной экономики, которая по своей сути относится к фундаментальным основам экономических исследований. Согласно исследованиям Г.Б. Клейнера, каждая экономико-математическая модель рассматривается как автономный субъект, со следующей структурой [49]:

- 1) характеристика моделируемого объекта;
- 2) стороны функционирования объекта, призванные отражать модель;
- 3) цели и задачи построения модели;
- 4) всесторонняя характеристика моделируемого объекта, включающая выбор актуального объекта и его отражение в виде реляционной системы;
- 5) описание экономико-математической модели, применяемой при проектировании модели, состава переменных и других ее элементов;
- 6) методы отражения инструментальных и функциональных характеристик;
- 7) метод интерпретации элементов модели, границы возможной интерпретации каких-либо элементов модели.

Рассмотрим переработанную для эколого-экономической системы

схему взаимодействия элементов экономико-математической модели эколого-экономического объекта по Г.Б. Клейнеру (рис. 1.4) [49].

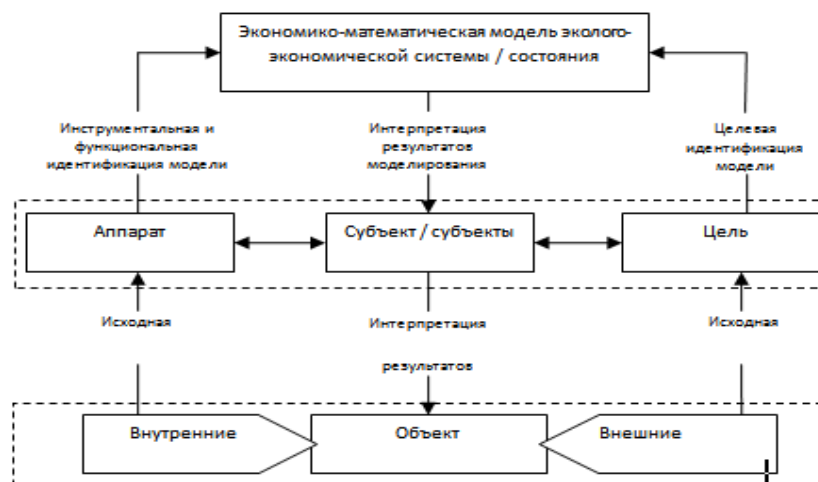


Рисунок 1.4 - Схема взаимодействия элементов экономико-математической модели эколого-экономического объекта

Источник: [49]

Рассмотрим шестифакторную функцию анализа влияния на национальный доход по методу ученого Г.Б. Иванцова и представим многофакторную функцию для анализа состояния эколого-экономической безопасности [34]:

$$Y = F(N_k, K_N, E_k, k_E, C_k, K_C), \quad (1.2)$$

где  $Y$  – состояние эколого-экономической безопасности;

$N_k$  – **качество населения**;

$K_N$  – уровень образования в сфере экологии;

$E_i$  – **коэффициент государственного** регулирования в сфере экологии;

$E_k$  – процентное содержание компенсируемых ресурсов в ВВП (ВРП);

$K_i$  – **коэффициент состоянию** окружающей среды;

$C_k$  – процентное содержание территорий с благоприятной экологией.

Характеризуя фактор  $N$  следует учитывать тот факт, что качество населения включает в себя такие характеристики, как продолжительность жизни, уровень образования, рождаемость, смертность и т. п. Необходимо

отметить, что одним из наиболее значимых свойств качества населения, влияющих на ЭЭБ является качественное содержание **образования в сфере экологии и его распространение:**

$N_1$  – образование в сфере экологии на дошкольном уровне;

$N_2$  – образование в сфере экологии в средней школе, колледжах, техникумах и др.;

$N_3$  – образование в сфере экологии в высших учебных заведениях.

Таким образом,  $N_i$  возможно рассматривать как показатель эффективности качества населения с точки зрения ЭЭБ, который измеряется как доля населения определенной возрастной группы, которая владеет соответствующими знаниями в сфере экологии [36].

Содержание фактора  $E$  требует анализа качественного и количественного уровней государственного регулирования в области ЭЭБ, направленного на обеспечение безопасности окружающей среды во взаимодействии с экономическим развитием субъектов, уровнем внедрения инновационных технологий в сфере экологии, которые доступны производственным организациям и имеют правовое поле, обеспеченное государством. Таким образом, следует разделять [34]:

$E_1$  - затраты на обеспечение охраны окружающей среды;

$E_2$  - затраты на предупреждение негативного воздействия хозяйствующих субъектов на окружающую среду;

$E_3$  - затраты на развитие инновационных технологий в сфере экологии.

Учитывая подобную систематизацию расходов  $E_k$  возможно рассматривать как показатель производительности экологических расходов государства и экономических субъектов в процентном отношении к ВВП (либо ВРП) по всякой группе расходов.

Анализ качества окружающей среды ( $C$ ) связан с отслеживанием и диагностикой степени загрязнения атмосферы, водной среды, почвы. С целью факторного анализа эколого-экономической безопасности необходимо разделить содержание фактора «качество окружающей среды» на следующие

уровни:

$C_1$  – объем и содержание потенциала природных ресурсов;

$C_2$  – природная и климатическая среда, обеспечивающая жизнь и деятельность человека;

$C_3$  - природная и климатическая среда, обеспечивающая экономическую деятельность в различных сферах.

Такое разделение  $k_C$  представляет собой измерение эффективности взаимодействия человека и окружающей среды, выражаемое стабильностью объема потенциала природных ресурсов (во времени  $k_{C1}$ ), долей среды  $k_{C2}$ , обеспечивающей жизнедеятельность человека, долей среды  $k_{C3}$ , обеспечивающей экономическую деятельность. [34]

На территории России определение ЭЭБ имеет собственные акценты, выражающиеся в значимой роли государства в стимуляции экономики к внедрению «зеленых» (чистых) технологий в сопоставлении с другими странами. Подобная группировка факторов (Рис. 1.5) в функции зависимости ЭЭБ от природной среды позволяет как количественно, так и качественно произвести оценку приоритетов эколого-экономического анализа, основывающуюся на индикативном подходе и на интернациональной практике диагностики ЭЭС на предмет устойчивого «чистого» роста [19].

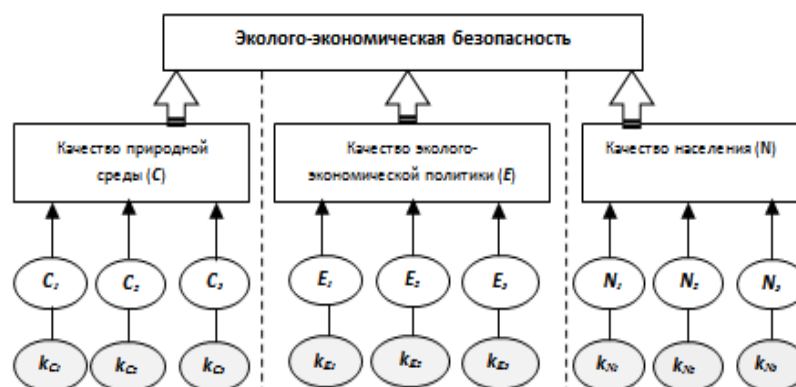


Рисунок 1.5.- Классификация факторов функции зависимости эколого-экономической безопасности по субъектно-объектному составу

Источник: [19]

При оценке исследуемых состояний и проблем, используются следующие методы [31]:

1) многомерный статистический анализ, основанный на системном анализе и динамике, экономико-математические модели корреляций критериев, составляющих ЭББ региона;

2) метод «задача-индикатор», содействующий реализации всех вероятностей **патоэкономии**, потому что именно через индикаторы, измеряющие, визуализирующие значимые задачи становления территориальных систем, возможно дать оценку нынешнего состояния исследуемой обстановки, фиксировать ее метаморфозы в границах мониторинга, и своевременно корректировать процессы, происходящие в деятельности субъектов ЭЭБ, угрожающие окружающей среде и интересам социума.

При исследовании эколого-экономических процессов на макроэкономическом уровне необходимо учитывать концентрации загрязнения для каждого его источника. Основными объектами исследования являются водные ресурсы, атмосфера, производственные отходы и зарегистрированные экологические нарушения. Отличия анализа водной среды и атмосферы - это лишь различная условная нагрузка, определённая в методике [38].

Системное исследование ЭЭБ дает возможность увидеть процесс её обеспечения как некое единое целое, которое проявляется в рамках экономических систем. Обеспечение ЭЭБ как целостной системы характеризуется: огромным числом исполняемых функций, параметров и итогов функционирования; трудностью поведения системы, которая отражается в пересекающихся взаимосвязей между переменными; неравномерными и непостоянными во времени внешними воздействиями; непрерывной пространственной и временной связью, которая проявляется при взаимодействии элементов системы и фиксируется в виде определенной структуры; отражением взглядов, целей и ценностей

субъектов хозяйствования; отсутствием зависимости структуры и характера взаимосвязей между элементами от уровня и типа развития экономической системы [56, 57].

В основе модели комплекснозначной оценки уровня ЭЭБ лежит построение интегрального показателя, позволяющего получить количественную характеристику уровня безопасности, отображающую многообразное воздействие большого числа показателей. [54, 97]

Одним из подходов к поиску интегрального показателя является сведение к скалярной оптимизации, т.е. частные критерии  $F_i(X)$ , объединяются в обобщенный, который подвергается оптимизации.

$$f(X) = \Phi[F_1(X), F_2(X), \dots, F_m(X)] \quad (1.3)$$

#### *Метод линейной свертки*

Существуют различные методы многокритериальной оптимизации, одним из которых является метод линейной свертки [65].

**Суть метода состоит в** том, что обобщенный критерий записывается следующим образом:

$$f(X) = \sum_{i=1}^m \lambda_i F_i(X), \quad (1.4)$$

Данный критерий называют аддитивным. Здесь  $\lambda_i \geq 0$  - весовые коэффициенты, определяющие значимость  $i$ -го критерия в сопоставлении с другими критериями. Значение  $\lambda_i$  определяет значимость  $i$ -го критерия. Наиболее значимому критерию определяется больший вес, а общая значимость всех критериев определяется равной 1, т.е.  $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$ . Согласно

Парето решение возможно получить, применяя аддитивность векторного критерия. Кроме того, он определил понятие весовых коэффициентов. Следовательно, мы имеем однокритериальную задачу математического программирования:

$$\min f(X) = \min \sum_{i=1}^m \lambda_i F_i(X), X \in D \quad (1.5)$$

Зачастую, размерность частных критериев различна. Таким образом,

при формировании комплексного критерия необходимо работать с нормированными значениями критериев, а не с их натуральными представлением. Нормированный критерий - это отношение “натурального” частного критерия к нормирующей величине. Соответственно определение нормирующей величины должно быть обосновано. [119] Существуют следующие подходы к определению нормирующей величины:

- за нормирующую величину принимают значения параметров, определенные заказчиком, т.е. предполагают, что в техническом задании определены оптимальные значения параметров;
- за нормирующую величину принимают максимальные (минимальные) значения критериев, которые достигнуты в рамках существующих проектных решений (область D);

$$f_i(X) = \frac{F_i(X)}{F_i^{\max}}, \quad (1.6)$$

$$f_i(X) = \frac{F_i(X)}{F_i^{\min}}; \quad (1.7)$$

- используют международные достижения в исследуемой области;
- за нормирующую величину принимают разность между максимальными и минимальными значениями критерия в области D:

$$f_i(X) = \frac{F_i^{\max} - F_i(X)}{F_i^{\max} - F_i^{\min}}, \quad (1.8)$$

$$f_i(X) = \frac{F_i(X) - F_i^{\min}}{F_i^{\max} - F_i^{\min}} \quad (1.9)$$

Нормированные критерии определим как  $f_i$ , таким образом, аддитивный критерий будет иметь следующий вид:

$$f(X) = \sum_{i=1}^m \lambda_i f_i(X). \quad (1.10)$$

Так как в области D увеличение (уменьшение) одного критерия возможно только путем уменьшения (увеличения) другого (или других) критериев, то оптимальным является то значение, при котором абсолютный уровень снижения одного не превышает суммарного уровня увеличения



других критериев.

Допустим, что возможно два решения  $X_1$  и  $X_2$ . Таким образом, в соответствии с вышеописанным принципом необходимо рассчитать сумму абсолютных изменений всех частных критериев, обусловленных переходом от  $X_1$  к  $X_2$ .

$$\Delta f = \sum_{i=1}^m \lambda_i (f_i(X_2) - f_i(X_1)) = \sum_{i=1}^m \lambda_i f_i(X_2) - \sum_{i=1}^m \lambda_i f_i(X_1). \quad (1.11)$$

**Если**  $\lambda_f < 0$ , то решение  $X_2$  лучше, чем  $X_1$ , а в случае, когда  $\lambda_f > 0$ , то лучше  $X_1$ . Оптимальным решением будет являться такое, при котором  $\lambda_f \geq 0$  при переходе от него к какому-либо иному решению, то есть:

$$\sum_{i=1}^m \lambda_i f_i(X) \geq \sum_{i=1}^m \lambda_i f_i(X_{opt}), \quad (1.12)$$

где  $X_{opt}$  - точка min,

$X$  - любая точка из  $D$ .

Из принципа справедливой абсолютной компенсации следует, что оптимальным решением является максимальное сокращение суммы нормированных частных критериев.

Зачастую, исходя из работоспособности, выделяют две группы выходных параметров. К первой группе относятся выходные параметры, величины которых в ходе оптимизации необходимо увеличить  $F_i^+(X)$  (производительность, безотказность работы), ко второй группе относятся выходные параметры, величины которых необходимо уменьшить  $F_i^-(X)$  (затраты топлива, продолжительность переходного процесса). В таком случае аддитивный критерий будет иметь следующий вид [44]:

$$f(X) = \sum_{i=1}^{m_1} \lambda_i f_i^+(X) - \sum_{i=1}^{m_2} \lambda_i f_i^-(X), \quad (1.13)$$

где  $m_1 + m_2 = m$ .

Критерий  $f(X)$  – максимизируется.

Недостатки аддитивного критерия:

- Является формальным приёмом, который придает задаче удобный для

ее решения вид;

- Возможно проведение взаимной компенсации частных критериев. Это означает, что значимое уменьшение хотя бы одного из критериев до нуля может быть компенсировано ростом другого. С целью снижения значимости данного недостатка вводятся ограничения на минимальные значения и весовые коэффициенты частных критериев.

Метод аддитивной свертки достаточно часто, но необходимо отметить, что встречаются задачи, в которых критерий качества должен быть аддитивным [41].

Учитывая недостатки, обобщённый аддитивный критерий дает возможность достигнуть успешного решения многокритериальных задач и получить важные результаты.

С целью охарактеризовать интегральные оценки, полученные по результатам свертки различных критериев зачастую используются методы кластерного анализа.

### *Кластерный анализ*

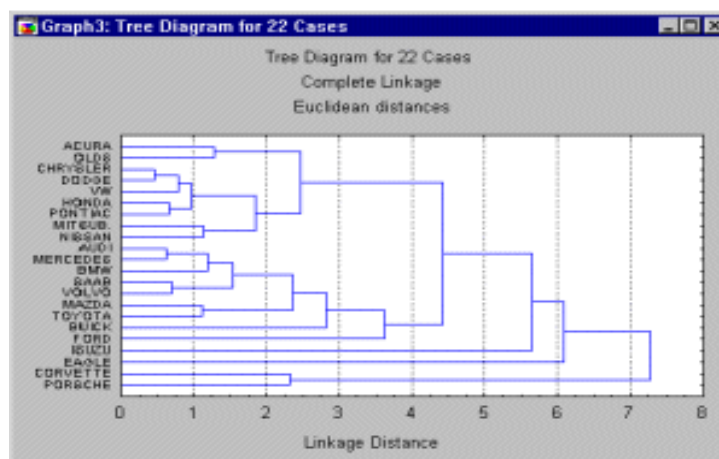
Термин кластерный анализ (ввел Tryon, 1939) – это многомерный статистический процесс, проводящий сбор показателей, включающих информацию о подборке объектов, и затем упорядочивающий объекты в сравнительно **однородные группы** [132].

Всеобщий вопрос, возникающий у исследователей в различных областях, состоит в том, как сформировать рассматриваемые показатели, в наглядные конструкции. Кластерный анализ является не просто одним из методов статистики, а комплексом различных алгоритмов разделения объектов на кластеры. Имеет место быть мнение, что в отличие от многих других статистических процедур, способы кластерного анализа применяются, как правило, в случаях, когда человек не имеет каких-либо априорных догадок относительно классов. Нужно понимать, что кластерный анализ определяет допустимо важное решение [75].

Техника кластеризации используется в самых многообразных областях. Подробнейший обзор различных исследований, отражающих результаты, полученные при использовании методов кластерного анализа были даны Хартиганом (Hartigan, 1975). Скажем, в области медицины кластеризация заболеваний, лечения заболеваний либо признаков заболеваний приводит к обширно используемым таксономиям. Каждый раз, когда необходимо систематизировать большие объемы информации к соответствующим для последующей обработки группам, методы кластерного анализа оказываются достаточно результативным. В настоящем исследовании необходимо классифицировать интегральные оценки уровня эколого-экономической безопасности. Рассмотрим общие методы кластерного анализа, такие как: древовидная кластеризация, двуходовое объединение и Метод К- средних.

#### *Объединение (древовидная кластеризация)*

Предназначение алгоритма заключается в интеграции объектов в довольно масштабные кластеры, применяя некий критерий сходства между объектами. Классическим итогом такой кластеризации является иерархическая диаграмма (Рис. 1.6).



*Рисунок 1.6 – Пример древовидной диаграммы*

*(Источник: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stcluan.html>)*

Проанализируем горизонтальную древовидную диаграмму. Данная диаграмма берет свое начало с каждого объекта в классе. Теперь представим,

что постепенно понижается критерий о том, какие объекты являются уникальными, а какие нет, т.е. изменяется решение об объединении объектов в один кластер [128].

В итоге, связывается совместно всё большее и большее число объектов и агрегирует все большее количество кластеров, содержащих все более различающиеся элементы. Совместное объединение всех объектов производится на заключительном этапе. Такие диаграммы содержат горизонтальные оси, которые отражают расстояние объединения. Так, для всякого узла в графе возможно определить размер расстояния, для которого соответствующие элементы сопрягаются в новый кластер. В случае, когда данные имеют прозрачную структуру в терминах кластеров объектов, сходных между собой, тогда данная структура, зачастую, должна отражаться в иерархическом дереве разными ветвями. Результатом успешного анализа, проведенного посредством метода объединения становится возможным выявить и интерпретировать кластеры [15].

Интеграция либо способ древовидной кластеризации применяется при образовании кластеров несходства либо расстояния между объектами. Вычисление евклидовых расстояний является наиболее простым путем вычисления расстояний между объектами в многомерном пространстве.

#### *Двухходовое объединение*

Ранее данный способ обсуждался в терминах "объектов", которые необходимо разделить на кластеры. Во всех других видах анализа волнующий изыскателя вопрос выражается в терминах наблюдений либо переменных [132].

Сложность интерпретации полученных итогов появляется в результате того, что сходства между разными кластерами могут протекать из некоторого отличия подмножеств переменных. Следственно получаемые кластеры являются неоднородными. В сопоставлении с другими методами кластерного анализа двухходовое объединение является, наименее используемым способом.

### *Метод К-средних*

Данный способ кластеризации значительно отличается от таких способов, как Древоподобная кластеризация и Двухходовое объединение. Представим, что имеется предполагаемое число кластеров. Необходимо указать системе сформировать несколько кластеров так, чтобы они были максимально различны. В общем случае метод К-средних строит ровно К разных кластеров, расположенных на допустимых друг от друга расстояниях.

С точки зрения вычислений возможно рассматривать метод К-средних, как «обратный» дисперсионный анализ. Алгоритм начинается с К случайно определенных кластеров и потом изменяет принадлежность объектов к ним, с целью: во-первых - минимизировать изменчивость внутри кластеров, и во-вторых - максимизировать изменчивость между кластерами. Данный метод является аналогичным способу "дисперсионный анализ наоборот" в том смысле, что критерий значимости в дисперсионном анализе сопоставляет межгрупповую изменчивость с внутригрупповой при проверке предположения о том, что средние в группах отличаются друг от друга. При кластеризации посредством метода К-средних объекты переносятся из одних кластеров в другие, с целью получения наиболее значимого результата при проведении дисперсионного анализа [75].

Традиционно, когда результаты кластерного анализа методом К-средних известны, то появляется возможность вычислить средние для всякого кластера по каждому из измерений, чтобы оценить, насколько кластеры отличны друг от друга. В идеальном варианте необходимо получить сильно отличающиеся средние для большинства, используемых в анализе [28].

Рассмотренные в данном разделе экономико-математические методы и модели могут быть использованы при разработке СППР в области эколого-экономического менеджмента.

### **1.3 Особенности построения системы поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента**

Проводя анализ систем поддержки принятия решений, прежде всего, стоит определиться с их понятием. Невзирая на быстрое становление и общее внедрение СППР, нет четко определенного понятия. Понятие коренным образом зависит от суждения автора. Впрочем, в настоящий момент, СППР могут быть квалифицированы как информационные системы, целью которых является решение повседневных задач управленческой деятельности, т.е. оказания поддержки людям, принимающим решения. При помощи СППР производится определение альтернатив среди многокритериальных задач [94].

Согласно определению, представленному в монографии П.В. Терелянского: «Система поддержки принятия решений - это компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь лицам, принимающим решение в сложных условиях, для полного и объективного анализа предметной деятельности» [110].

В 70-х годах прошлого столетия были введены первые определения СППР, основывающиеся на следующих нюансах [55]:

1. Способность работать с бесструктурными и слабоструктурированными задачами;
2. Автоматизированные интерактивные системы;
3. Классификация данных и моделей.

Конечный вариант определения не содержит некоторые важные моменты, такие как, роль персонального компьютера (ПК) в создании СППР. Главный вопрос заключается в том, что структура системы определяется в зависимости от цели, которую необходимо достигнуть, от анализируемых данных, а также от пользователей этой системы. Впрочем, можно охарактеризовать СППР, опираясь на её общепризнанные части [76].

Большое число исследователей под СППР понимают – «интерактивные

компьютерные системы, которые помогают человеку, принимающему решение, использовать полученную информацию и модели для решения «бесструктурных или трудно формализуемых задач» [86, 110].

С целью подлинно четкого определения систем поддержки принятия решений, стоит раскрыть место СППР среди информационных систем в целом. Исследуя СППР сквозь многогранность процессов принятия решений, возможно выделить три вида поддержки решений [55]:

1. Информационная;
2. Модельная;
3. Экспертная.

Все три вида поддержки решений, осуществляемых в СППР, являются информационными системами, оказывающими помощь в решении слабоструктурированных задач, а также формировании задач:



*Рисунок 1.7 – Место СППР среди информационных систем*

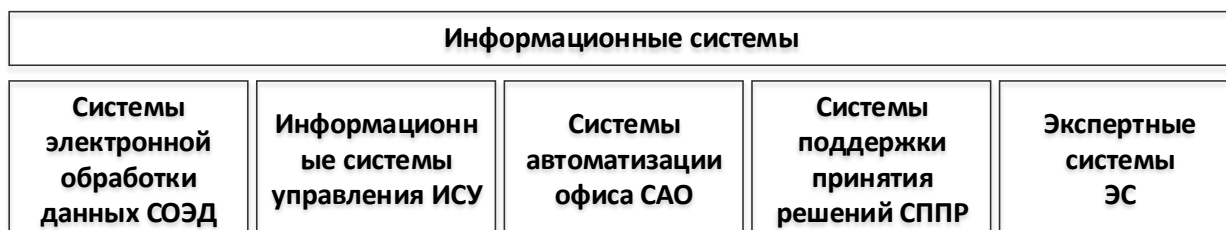
*Источник: [55]*

Из рисунка 1.8 следует, что информационное сопровождение принимаемых решений включает две основные компоненты:

1. Информационные системы управления (ИСУ) – комплекс инструментов для работы с информацией об организации, являющийся

целостной системой.

2. Системы автоматизации офиса (CAO) – системы, обеспечивающие организацию поддержки процесса взаимодействия организации как внутри, так с внешними источниками, базирующейся на средствах передачи и обработки информации.



*Рисунок 1.8 - Разновидности ИС по функциональному назначению*

*Источник: [55]*

Учитывая вышеизложенные определения и понятия, можно прийти к заключению, что системы поддержки принятия решений коренным образом выделяются на фоне устоявшихся информационных систем. СППР создаются для определенного пользователя, в расчете на его знания и интуицию, а также на систему его ценностей. Существенным фактором, также является наличие у ЛПР опыта [143].

Процедура принятия решений носит субъективный характер, что является основным принципом СППР. Из этого следует, что пользователь совершенно независим, действует и опирается он только на собственные умения и компетентность. В зависимости от решения самого пользователя не исключено вовлечение сторонних специалистов. Получается, что **система только содействует пользователю находить те решения**, которые кажутся ему наиболее оптимальными, на основе существующих данных [135].

Современные СППР являются результатом множества исследований, таких как:

- Баз данных и баз знаний;
- Искусственного интеллекта;



- Интерактивных компьютерных систем;
- Методов имитационного моделирования.

Информационно-аналитические системы поддержки процессов разработки и принятия управленческих решений появились вследствие объединения систем управления базами данных (СУБД) и информационных систем **управления (ИСУ)** [143].

В настоящее время СППР применяют следующие технологии [61]:

- Хранилища данных;
- Инструменты оперативной аналитической обработки данных;
- Инструменты извлечения данных, текстов и визуальных образов.

Одной из самых важных особенностей систем поддержки принятия решений в **области эколого-экономического менеджмента** является невозможность **оптимизации** и упорядочивания значений групп показателей на базе их полной совокупности, **в связи с отсутствием возможности имеющимися экономико-математическими методам производить подобные операции.** Использование современных методов требует предварительного сведения общего числа критериев к единой количественной оценке [95].

Методов сведения к единой оценке существует большое количество, и тот, который будет определен в конечном итоге, может оказать существенное отрицательное воздействие на результаты ранжирования и оптимизации. Следует обратить внимание на тот факт, что **исследователь,** соответствующий предъявляемым требованиям профессионализма в рассматриваемой области, абсолютно **не обязательно должен уметь разбираться в алгоритмах,** применяемых в СППР. Таким образом, решения, которые были приняты разработчиком в процессе проектирования системы, могут оказывать воздействие на выбор решений. При этом, проконтролировать оказываемое влияние ЛПР не имеет возможности [86].

Изложенный выше принципиальный недостаток классических СППР, которые опираются **только на формальные методы свертки,** в системах, применяемых в настоящее время сведен к минимуму. Это достигается **за счет**

сравнения между собой возможных значений групп показателей. Данный процесс производится пользователем во взаимодействии с системой, а значения сверяются с его предпочтениями. В итоге получаем функцию предпочтений, определенную в системе как результат таких сравнений пользователем. В дальнейшем на ее базе производятся операции ранжирования и оптимизации. В результате, формальные методы свертки критериев заменяются определением предпочтений пользователя. Результаты процесса определения предпочтений отражают подход пользователя к задаче и не изменяются разработчиком [143].

### *Характеристики СППР*

Согласно исследований *E. Turban* [150], СППР должна обладать следующими признаками:

- использует и данные, и модели;
- являются помощником менеджеров при принятии решений в области бесструктурных и слабоструктурированных задач;
- оказывают поддержку в выработке альтернатив менеджерами, но не заменяют ее;
- базовой целью является повышение эффективности принимаемых решений.

*E. Turban* определил ключевые характеристики идеальной СППР, такие как [150]:

1. Производит взаимодействие с решениями, имеющими слабую структуру;
2. Может использоваться менеджерами различного ранга;
3. Может быть адаптирована для группового либо индивидуального применения;
4. Дает возможность оказывать поддержку взаимозависимым и поэтапным решениям;
5. Имеет возможность поддерживать такие фазы принятия решения, как интеллектуальную часть, создание и выбор;

6. Дает возможность учитывать разнообразные методы и стили решения, что является полезным при групповом решении задач;
7. Эластичная и адаптируемая к изменениям как организации, так и ее внешних факторов;
8. Предельно проста в использовании;
9. Увеличивает результативность процесса принятия решения;
10. Дает возможность менеджеру управлять процессом принятия решений при помощи ПК, а не наоборот;
11. Способна легко приспосабливаться к изменяющимся условиям и эволюционировать;
12. Проста в создании, в случае простоты формулирования ее структуры;
13. Имеет возможность осуществлять поддержку моделирования;
14. Имеет возможность применять знания.

#### *Классификации СППР*

Системы поддержки принятия управленческих решений **не имеют общепринятой классификации**. Различные авторы выдвигают собственные теории о классификации подобных систем [55].

*P. Haettenschwiler* разделяет СППР на несколько видов [142]:

- Пассивные;
- Активные;
- Кооперативные.

Пассивная СППР – это система, которая помогает процессу принятия решения, но не выносящая предложение о решении которое рекомендуется принимать. Активная СППР – это система, которая может вынести рекомендацию о том, какое из возможных решений лучше выбрать. Кооперативная СППР дает возможность лицу принимающему решение (ЛПР) дополнять и совершенствовать решения, предлагаемые системой, направляя произведенные изменения в СППР для проведения проверки. В ответ, СППР производит возможные улучшения системы и обратно

направляет их пользователю. Данный цикл до производится до момента окончательного согласования решения.

*D.J. Power* (2003) различает СППР по объектам, которыми они управляют, а именно [149]:

- Сообщениями;
- Данными;
- Документами;
- Знаниями;
- Моделями.

Охарактеризуем перечисленные системы.

Система, управляемая сообщениями – система, оказывающая поддержку группе пользователей, работающих над выполнением общей задачи.

Система, управляемая данными – система, осуществляющая работу с данными, которые ориентированы, как правило, на доступ и управление данными.

Система, управляемая документами – система, производящая управление, поиск, а также иное воздействие на имеющуюся бесструктурную информацию, отраженную в различных формах.

Система, управляемая знаниями – система, которая обеспечивает решение задач в виде фактов, правил, процедур.

Система, управляемая моделями – система, которая характеризуется доступом к математическим моделям и их управлением. Кроме того, необходимо отметить, что некоторые OLAP системы, которые способны производить сложный анализ данных, возможно классифицировать как «Гибридные» системы, имеющие возможность обеспечивать моделирование, поиск и обработку данных.

*D. Power*, на техническом уровне разграничивает системы предприятия и настольные системы [149]. Система предприятия – это система, имеющая доступ к большим хранилищам информации и может обслуживать некоторое

количество сотрудников данной организации. Настольная система – это малая система, которая спроектирована с целью обслуживания только одного сотрудника и его ПК.

В ряде источников возможно встретить различные теории о систематизации СППР. **Стоит обратить внимание** на классификацию Alter'a, суть которой состоит в разбиении всех СППР на 7 разных классов, впрочем, в данное время эту классификацию **можно считать устаревшей** [135].

Кроме того, СППР могут быть классифицированы в соответствии с видом, обрабатываемых данных. Системы возможно разделить на стратегические и оперативные [55].

Оперативные системы - системы, которые спроектированы с целью немедленного реагирования на происходящие метаморфозы каких-либо условий в сложившейся обстановке на определенный момент времени при управлении финансово-хозяйственными процессами организации.

Стратегические системы – это системы, которые направлены на анализ значительных объемов различной информации, получаемой из разнообразных источников. Базовой целью таких СППР является выявление оптимальных альтернатив развития организации с учетом воздействия на нее разнообразных факторов: изменения в законодательной базе, изменения финансовых рынков и рынков капиталов и др.

Оперативные системы (первого типа) были определены как «Информационные системы руководства» (ИСР). Подобные системы являются комплексом конечных отчетов, сформированных на базе ряда данных из транзакционной информационной системы организации, в лучшем варианте реально отражающих в «online» режиме основные аспекты финансовой и производственной деятельности. Такие системы имеют следующие свойства [110]:

- Основой для отчетов являются стандартные запросы организации; малое количество отчетов;
- Для ИСР отчеты представляются в удобном для восприятия виде;

кроме таблиц и графики используются мультимедийные возможности;

- Основным направлением ИСР является определенный вертикальный рынок; управление финансами, маркетинг, ресурсы.

Стратегические системы - это системы, которые предполагают углубленное изучение данных. Стратегические системы преобразованы таким образом, чтобы их возможно было применять в процессе принятия решений. Неотделимым элементом СППР этого уровня является некий порядок принятия решений, базирующийся на скомпонованных данных, позволяющий менеджерам организации обосновывать принимаемые решения и сокращать риски. Системы второго типа в настоящее время получили динамичное развитие. С точки зрения технологий, такие системы строятся на базе многомерного представления и анализа данных (OLAP) [86].

При разработке СППР возможно применение технологий виртуализации. В настоящее время СППР использующие облачные технологии только начинают свое развитие [46].

#### **1.4. Проблемы создания систем поддержки принятия решений в области обеспечения эколого-экономического менеджмента**

Ключевым фактором, сдерживающим процесс разработки региональной информационной системы поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента, является недостаточное координирование деятельности региональными властями, слабый уровень информационного и научно-методического обеспечения процессов принятия решений в области эколого-экономического развития [5].

Одной из базовых задач является разработка методов стратегического **планирования экологического и экономического развития** региона; прогнозирование и оценка итогов эколого-экономической политики, ключевой особенностью которой является обеспечение согласованности действий всех субъектов эколого-экономической деятельности,

продолжительного и результативного взаимодействия государства, бизнеса и науки, а также формирование горизонтальных и вертикальных связей, которые способствуют ускорению передачи знаний, внедрению технологий, а также изменению экономики [12].

Отличительной чертой стратегически значимых решений является высокая неопределенность и неполнота условий, в которых они принимаются, а также ошибочность информации для исследования. При недостатке и низком качестве исходной информации человек принимающий решение вынужден уйти от точных количественных оценок, заменив их качественными характеристиками создавшегося положения. Проницательность и знания руководителя, аналитика являются главными факторами при пренебрежении, или концентрации на каких-либо факторах внутренней, либо внешней среды в продолжительной перспективе, при определении стратегии развития [83].

Это качество свойственно и процессам принятия решений в области эколого-экономического развития регионов. **Факторов**, влияющих на эколого-экономический рост крайне много, поэтому определить, точную **взаимозависимость между отдельными факторами и последствиями эколого-экономической деятельности**, как регионов, так и отдельных субъектов не представляется возможным. Перечня индикаторов, позволяющих в полной мере охарактеризовать экономику знаний нет, а точнее, он не является исчерпывающим. Это объясняется двумя обстоятельствами. Во-первых - категория экономики знаний предполагает высокую качественную концентрацию, и всякий перечень количественных индикаторов будет лишь приближаться к характеристике развития уровня экономики в ее различных сферах. Так, например, сфера производства знаний, их коммерциализация, научный потенциал региона и т.д. Во-вторых, различным по своей сущности компонентам региональной СППР в области эколого-экономического менеджмента, **свойственен собственный**, отличный от других, **комплекс индикаторов развития [143]**.

Использование инструментов стратегического управления, таких как SWOT, PEST, GAP, LOTS, PIMS, «Профиль», McKinsey, портфельные матрицы и др. не позволяет достигнуть требуемого результата, так как данные инструменты взаимосвязаны с элементарной систематизацией информационного пространства для принятия решений. Кроме того, многих отстраняет сложность, неопределенность, не конкретность, методик стратегического анализа и интерпретация данных полученных в результате их применения. ЛПП в ходе процесса принятия решений желает получить количественные оценки предполагаемых задач развития, значимости учета различных стратегических критериев и т.п., именно этого имеющиеся инструменты стратегического анализа не позволяют [85, 120].

Обобщая изложенное, возможно обозначить задачу проектирования таких моделей принятия решения, которые дают возможность моделировать субъективную активность ЛПП в ходе принятия стратегических решений и также обрабатывать качественные характеристики сложившейся ситуации. С другой стороны, на основании формализованных знаний экспертов модели должны давать возможность получать количественные оценки значимости альтернатив развития, учета стратегических факторов и т.п. в виде правил принятия решений.

Для разработки моделей принятия решений предлагается применять методы свертки, позволяющие получить единые интегральные показатели, полученные из множества различных критериев. Полученные в результате свертки интегральные показатели позволят охарактеризовать эколого-экономическое состояние каждого из исследуемых объектов.

Кластерный анализ интегральной оценки уровня эколого-экономической состояния регионов РФ позволит сформировать кластеры, разделяющие исследуемые субъекты по уровню эколого-экономического развития, а также выделить субъекты, в которых исследуемая проблема является наиболее острой.

Практическое использование экономико-математических моделей при



принятии решений сопряжено с рядом трудностей, вызванных **затрудненностью математических расчетов** для лица, не являющегося специалистом. Следовательно, необходимо создание автоматизированной системы, которая позволит **скрыть** от ЛПР непонятные вычисления, особенности математической модели, тем самым приблизить процесс принятия решений к привычному для человека мышлению.

Цель создания информационной СППР в области эколого-экономического менеджмента - разработка информационной системы, которая будет обеспечивать полной, **достоверной**, структурированной информацией процессы изучения, планирования и прогнозирования эколого-экономического развития, а также служить для обоснования решений ЛПР на этапах анализа данных, выбора альтернатив развития, оценки последствий принятых решений.

### **Выводы по главе**

Проведенный анализ показал, что стратегия эколого-экономического менеджмента должна исходить из того, что в эколого-экономическом отношении на современном этапе более результативно «прогнозирование и предотвращение», чем «реагирование и восстановление» в отражении опасности.

На практике оценка эколого-экономического состояния регионов, как правило, сводится к таким простым аналитическим процессам, как созданию рейтинга «инвестиционной привлекательности регионов» или наиболее загрязненных городов России, т.е. к диагностике определенных узких проблем функционирования территориальной эколого-экономической системы. Для качественного и количественного измерения эколого-экономического состояния используют такие **экономико-математические** методы, как метод линейной свертки, кластерного анализа и т. д.

Для получения комплексозначной оценки предлагается использовать

свертки экономических и экологических групп факторов. Кластерный анализ интегральной оценки уровня эколого-экономического состояния позволит сформировать кластеры, разделяющие исследуемые субъекты по его уровню, а также выделить субъекты, в которых исследуемая проблема является наиболее острой.

С целью автоматизации процесса принятия решений проанализирован такой подкласс ИС, как системы поддержки принятия решений. СППР - это автоматизированная компьютерная система, задача которой является помощь ЛПР в сложных условиях, для полного и объективного мониторинга их конкретной работы.

Одним из ключевых факторов, сдерживающих процесс разработки региональной информационной СППР в области эколого-экономического менеджмента, является недостаточное координирование деятельности региональными властями, слабый уровень информационного и научно-методического обеспечения процессов принятия решений в области эколого-экономического развития. Кроме того, для ЛПР серьезные проблемы вызывает многовариантность, высокая неопределенность исходных данных, а также сложность математического аппарата, используемого для анализа эколого-экономического состояния.

Резюмируя вышеизложенное следует, что разработка специализированной СППР в позволит повысить обоснованность принимаемых решений в области эколого-экономического менеджмента.

## ГЛАВА 2. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ УРОВНЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕГИОНОВ РФ

### 2.1 Математическое моделирование уровней эколого-экономического состояния региона с использованием функций комплексных переменных

Основной задачей в сфере эколого-экономического менеджмента является адекватное оценивание эколого-экономического состояния регионов, выявление и отслеживание различных причин отставания в динамике и развитии, а также разработка дальнейших рекомендаций по проведению политики эколого-экономической сбалансированности.

В экономической литературе используется много экономико-математических методов для решения подобных задачи [23, 25, 30, 36, 49, 56 80, 84], а именно:

- вычисление интегрального или обобщающего показателя;
- использование метода свертки;
- использование интервальных оценок и мягких вычислений.

Наиболее распространенным методом является нахождение обобщенной оценки состояния региона.

В качестве параметров для расчета интегральной оценки уровня **эколого-экономического состояния** региона, по оценкам экспертов, выбираются следующие показатели;

- **затраты** на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата;
- затраты на сбор и очистку сточных вод;
- затраты на обращение с отходами;
- на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод;

- затраты на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий;
- валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу;
- **объем сброса** загрязненных сточных вод;
- объем водных ресурсов, переданных на очистные сооружения;
- количество зарегистрированных экологических нарушений.

По вышеописанным показателям строится интегральная оценка. Получив эту оценку по регионам можно сравнить полученные значения и сделать вывод о ситуации в каждом из них. Недостаток этого подхода состоит в том, что **состав факторов** и показателей, включаемых в расчет индекса **слабо формализуем**.

Эколого-экономический уровень состояния региона невозможно оценить по какому-либо одному показателю. Уровень развития является результатом действия многих внешних и внутренних факторов и условий. Если экономические показатели в основном определяются особенностями региональной экономики, то состояние экологии региона определяется как экономическими и социальными факторами самого региона, так и действиями по урегулированию уровня экологической безопасности. Поэтому, имеет смысл говорить о **двух составляющих – экологическом и экономическом состоянии региона**. Из этого следует, что для оценки эколого-экономического состояния региона следует использовать как минимум две оценки. При этом необходимо иметь в виду, что эти две составляющие оказывают влияние друг на друга.

Рассматривая экологическое и экономическое состояние субъекта как части общей оценки, необходимо делать это в их взаимосвязи. Такая ситуация достаточно просто реализуется, если анализировать показатель эколого-экономического состояния субъекта как комплексный, т.е. действительную часть составляет экономическое состояние субъекта, мнимую – экологическое. Следовательно, каждая из частей комплексной оценки будет являться самостоятельным показателем, а соответственно части

вместе – единое комплексное число, свойства которого отражают их взаимосвязь.

Кроме того, так как подобная комплексная оценка складывается под влиянием множества причин и факторов, отражение уровня эколого-экономического состояния в форме комплексной переменной, изменяющейся во времени и в зависимости от факторов, даст возможность учесть воздействие одного и того же показателя на экологическое и экономическое состояние субъекта.

Определим комплексный показатель  $Z$ , в котором в роли действительной части выступает экономическая составляющая, а в роли мнимой части – экологическая составляющая.

$$Z = I_1 + iI_2, \quad (2.1)$$

где  $I_1$  – экономическая составляющая,

$I_2$  – экологическая составляющая,

$i = \sqrt{-1}$  - мнимая единица.

Любое комплексное число обладает такими характеристиками, как модуль и полярный угол. Поэтому вышеописанный показатель дает возможность рассматривать большее количество параметров, характеризующих состояние региона, которых нет в пространстве действительных переменных.

На основании исходных данных и эколого-экономических показателей произведем интегральную свертку экономической и экологической составляющих. Данная задача относится к разряду многокритериальных, в которых необходимо учитывать определенные аспекты, а именно:

- **Нормализация.** Возникает вследствие того, что, как правило, все показатели имеют различные единицы измерения, что приводит к невозможности их сравнения. Решением этой задачи является операция нормирования, которая позволяет привести показатели к единому и безразмерному виду. Наиболее используемым способом нормирования является замена абсолютных значений показателей их относительными

величинами. Для нормировки критериев по каждому показателю воспользуемся следующей формулой:

$$f = \frac{f_{измер} - f_{min}}{f_{max} - f_{min}}, \quad (2.2)$$

где  $f_{измер}$  – нормируемый показатель;

$f_{max}$  – максимальное значение критерия в выборке по нормируемому показателю;

$f_{min}$  – минимальное значение критерия в выборке по нормируемому показателю;

- Приоритетность критериев. Возникает в том случае, когда рассматриваемые критерии имеют **различную значимость**. В этом случае необходимо найти определение приоритета математическим способом или экспертным методом. Коэффициенты приоритетности экономических и экологических составляющих интегральной оценки могут изменяться под воздействием различных экономических, политических, экологических событий, происходящих в регионах РФ. **Величина весовых коэффициентов** определена на основании согласованного мнения экспертов для данного временного отрезка с учетом вида известной функции «желательности» [48]. В качестве экспертов были привлечены: **начальник** отдела охраны окружающей среды ОАО «Каустик» В.Н. Гузенко, исполнительный **директор** ООО «Волгоградская машиностроительная компания «ВгТЗ» В.П. Крайнова, директор МБУ «Городской информационный центр» Администрации г. Волгограда Л.Ю. Гндоян. От экспертов **получены справки** о внедрении элементов СППР, построенных на основе предлагаемой математической модели.

По результатам **экспертной оценки среди** экономических показателей весовой коэффициент определялся исходя из значимости каждого из вида затрат относительно других, так наиболее значимым определен весовой коэффициент «затраты на сбор и очистку сточных вод». Среди экологических показателей наибольшую величину имеет показатель

«количество экологических нарушений», т.к. по мнению экспертов, именно данный критерий характеризует эффективность системы стимулирования рационального природопользования. Весовые критерии иных показателей экологической составляющей определялись исходя из количества нарушений зафиксированных по рассматриваемому показателю относительно других. Полученные значения весовых коэффициентов приоритетности приведены в таблице 2.1.

**Таблица 2.1 - Коэффициенты приоритетности **экономических** и экологических составляющих интегральной оценки**

<b>ГРУППЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ</b>	<b>ВЕСОВОЙ КОЭФФИЦИЕНТ</b>
<b>Экономические (j=1)</b>	
затраты на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата	0,27
затраты на сбор и очистку сточных вод	0,33
затраты на обращение с отходами	0,20
затраты на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод	0,13
затраты на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий	0,07
<b>Экологические (j=2)</b>	
валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу	0,29
сброс загрязненных сточных вод	0,17
прочие отходы	0,08
количество экологических нарушений	0,46

*Источник: составлено автором*

При свертывании критериев из всего их количества по каждой группе получается один. Наиболее используемой сверткой является аддитивная свертка или, по – другому, ее называется методом линейной комбинации частных критериев. В данном исследовании применен метод аддитивной свертки, т.к. рассматриваемые **экологические и экономические показатели** не являются **существенно** **взаимовлияющими**. Интегральный показатель рассчитывается как взвешенная сумма частных показателей:

$$I_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} f_{ij}, \quad (2.3)$$

где  $a_{ij}$  – весовой коэффициент критерия  $i$ ,  $\sum_{i=1}^n a_i = 1$ ,

$f_{ij}$  – значение критерия;  $j=1,2$  – индекс показателей.

Таким образом, получаем комплексный показатель по субъектам, представленный в виде двух составляющих. Для примера рассмотрим данные по ряду регионов РФ за 2013 год (Табл. 2.2).

**Таблица 2.2 – Интегральные показатели ряда регионов РФ**

РЕГИОН	КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ
г. Санкт-Петербург	0,24+0,24i
Алтайский край	0,02+0,12i
Амурская область	0,05+0,05i
Архангельская область	0,08+0,15i
Астраханская область	0,14+0,25i
Белгородская область	0,12+0,04i
Брянская область	0,01+0,03i
Владимирская область	0,03+0,05i
Волгоградская область	0,09+0,16i
Вологодская область	0,13+0,15i
Воронежская область	0,06+0,06i
г. Москва	0,31+0,26i
Забайкальский край	0,03+0,16i
Ивановская область	0,001+0,05i
Иркутская область	0,22+0,58i
Кабардино-Балкарская Республика	0,02+0,01i
Калининградская область	0,02+0,04i

*Источник: рассчитано автором*

Для более детального исследования эколого-экономического состояния региона можно рассматривать их по отдельности за определенный промежуток времени. В частности, рассмотрим динамику комплексного показателя уровня эколого-экономического развития на примере двух регионов Центрального федерального округа РФ, за 5 лет (Табл. 2.3).

**Таблица 2.3 - Динамика комплексного показателя уровня эколого-экономического развития регионов ЦФО РФ**

Регион	2010	2011	2012	2013	2014
Ивановская область	0,01+i0,12	0,02+i0,14	0,02+i0,13	0,002+i0,21	0,001+i0,23
Воронежская область	0,12+i0,19	0,14+i0,16	0,31+i0,13	0,39+i0,18	0,36+i0,21

*Источник: рассчитано автором*



Динамика комплексного показателя экологического и экономического развития региона дает общее представление об изменении этого показателя во времени.

Так как комплексная переменная имеет не только в арифметическую форму представления, а еще тригонометрическую и экспоненциальную, появляются новые варианты интерпретации полученных результатов.

Дополнительными характеристиками комплексного показателя экологического и экономического развития служат модуль комплексной переменной:

$$R = \sqrt{I_1^2 + I_2^2} \quad (2.4)$$

и её полярный угол:

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{I_2}{I_1}. \quad (2.5)$$

Рассмотрим модуль комплексной переменной, как некоторую характеристику самой переменной. Модуль комплексной переменной на плоскости - это длина вектора, проведенного из начала координат к точке  $(I_1, I_2)$ . Применительно к рассматриваемой комплексной переменной экологического и экономического состояния, ее модуль будет характеризовать уровень одновременно **экологического и экономического** состояния региона, так как в нём учитываются обе составляющие, с помощью формул преобразованные в единый показатель. Иначе говоря, модуль комплексной переменной экологического и экономического состояния является своеобразной **свёрткой различных** показателей в единый.

Снижение значений модуля возможно в случае, когда снизится хотя бы одна из его составляющих - уровень экономического состояния, либо экологического состояния. Постоянство модуля может свидетельствовать либо о стабильности ситуации, либо о единовременном снижении одного показателя и росте другого. Определить одно из таких состояний позволит динамика полярного угла.

В случае, если **полярный угол** уменьшается, это означает, что уровень экологического состояния снижается относительно уровня экономического состояния.

Так как в числителе расположен показатель экологического состояния, полярный угол растет в случае, когда уровень экологического состояния растет более быстрыми темпами, чем уровень экономического состояния. Рассмотрим динамику на примере Ивановской области (Табл. 2.4).

**Таблица 2.4 - Динамика модуля и полярного угла комплексного показателя уровня эколого-экономического развития типичного региона**

**ЦФО РФ**

<b>Характеристика</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<i>Модуль, R</i>	0,12	0,14	0,13	0,21	0,23
<i>Полярный угол, <math>\theta</math></i>	1,48	1,4	1,39	1,56	1,57

*Источник: рассчитано автором*

Поскольку модуль комплексного показателя уровня эколого-экономического состояния регионов представляет собой свёртку двух показателей, то он отражает общий масштаб экологического и экономического состояния регионов, рассматриваемых на комплексной плоскости.

В таблице 2.5 представлены результатные данные эколого-экономического показателя по всем субъектам Российской Федерации на основании статистики 2014 года.

Таблица 2.5 - Данные эколого-экономического состояния субъектов РФ

РЕГИОН	$I_1$	$I_2$	$\theta$	$R$
г. Санкт-Петербург	0,23788	0,24357	0,797204	0,34046
Алтайский край	0,02180	0,12473	1,397789	0,12662
Амурская область	0,04687	0,04651	0,781447	0,06603
Архангельская область	0,07873	0,14883	1,084213	0,16837
Астраханская область	0,13748	0,24468	1,058876	0,28066
Белгородская область	0,12088	0,04344	0,34496	0,12845
Брянская область	0,01095	0,03325	1,252539	0,03500
Владимирская область	0,02705	0,04843	1,061393	0,05548
Волгоградская область	0,08976	0,15871	1,056071	0,18234
Вологодская область	0,13209	0,15005	0,849	0,19991
Воронежская область	0,06154	0,06424	0,806827	0,08896
г. Москва	0,30556	0,25616	0,697683	0,39873
Еврейская автономная область	0,00388	0,00830	1,133509	0,00916
Забайкальский край	0,03164	0,16065	1,376344	0,16374
Ивановская область	0,00785	0,05234	1,42193	0,05293
Иркутская область	0,22340	0,58332	1,205045	0,62464
Кабардино-Балкарская Республика	0,02327	0,00939	0,38353	0,02509
Калининградская область	0,01754	0,04386	1,190388	0,04724
Калужская область	0,03564	0,03301	0,747242	0,04858
Камчатский край	0,00869	0,04328	1,372729	0,04414
Карачаево-Черкесская Республика	0,01300	0,02084	1,01303	0,02456
Кемеровская область	0,17968	0,37365	1,122553	0,41460
Кировская область	0,04268	0,08732	1,116208	0,09719
Костромская область	0,01013	0,02925	1,237383	0,03095
Краснодарский край	0,09105	0,29907	1,275259	0,31262
Красноярский край	0,55190	0,47643	0,712142	0,72910
Курганская область	0,01763	0,05997	1,284882	0,06251
Курская область	0,03575	0,02423	0,595717	0,04319
Ленинградская область	0,18378	0,13735	0,641818	0,22944
Липецкая область	0,06546	0,06042	0,745372	0,08908
Магаданская область	0,02018	0,01223	0,544766	0,02359
Московская область	0,18503	0,31509	1,039823	0,36540
Мурманская область	0,10587	0,12854	0,881807	0,16653
Нижегородская область	0,13244	0,21288	1,01426	0,25072
Новгородская область	0,02390	0,05303	1,147405	0,05817
Новосибирская область	0,02900	0,15358	1,384158	0,15630
Омская область	0,07817	0,12494	1,011701	0,14738
Оренбургская область	0,11932	0,10739	0,732822	0,16053
Орловская область	0,00800	0,02350	1,242561	0,02483
Пензенская область	0,01429	0,04345	1,253134	0,04574
Пермский край	0,18192	0,25786	0,95638	0,31558
Приморский край	0,04192	0,22899	1,38973	0,23280

РЕГИОН	$I_1$	$I_2$	$\theta$	$R$
Псковская область	0,00954	0,03516	1,305758	0,03643
Республика Адыгея	0,00457	0,01145	1,191147	0,01233
Республика Алтай	0,00239	0,02316	1,468125	0,02329
Республика Башкортостан	0,39521	0,21860	0,505236	0,45164
Республика Бурятия	0,02190	0,22429	1,473476	0,22535
Республика Дагестан	0,00984	0,08803	1,459534	0,08858
Республика Ингушетия	0,00000	0,00101	1,566866	0,00101
Республика Калмыкия	0,00162	0,03133	1,519097	0,03137
Республика Карелия	0,03147	0,09093	1,237646	0,09622
Республика Коми	0,20556	0,13560	0,583148	0,24626
Республика Марий Эл	0,00785	0,03119	1,324306	0,03216
Республика Мордовия	0,05136	0,01656	0,311911	0,05396
Республика Саха (Якутия)	0,23642	0,06049	0,250501	0,24404
Республика Северная Осетия - Алания	0,00714	0,02024	1,231601	0,02146
Республика Татарстан	0,38425	0,15008	0,372364	0,41252
Республика Тыва	0,00193	0,01069	1,392468	0,01086
Республика Хакасия	0,02976	0,03060	0,799256	0,04269
Ростовская область	0,11093	0,17908	1,016207	0,21065
Рязанская область	0,04522	0,04568	0,790504	0,06427
Самарская область	0,23414	0,13441	0,52112	0,26998
Саратовская область	0,05398	0,05489	0,79374	0,07699
Сахалинская область	0,04025	0,12866	1,267616	0,13481
Свердловская область	0,32695	0,35566	0,827437	0,48310
Смоленская область	0,01689	0,05017	1,246091	0,05293
Ставропольский край	0,05129	0,06081	0,870073	0,07955
Тамбовская область	0,03101	0,02393	0,657266	0,03917
Тверская область	0,01923	0,08543	1,349419	0,08756
Томская область	0,09743	0,09876	0,792165	0,13874
Тульская область	0,05649	0,06658	0,867236	0,08732
Тюменская область	0,73565	0,43265	0,531635	0,85345
Удмуртская Республика	0,02991	0,09120	1,253863	0,09598
Ульяновская область	0,02973	0,04438	0,980606	0,05341
Хабаровский край	0,13105	0,16222	0,891274	0,20854
Челябинская область	0,21446	0,28972	0,933593	0,36046
Чеченская Республика	0,00001	0,01276	1,570056	0,01276
Чувашская Республика	0,02017	0,02088	0,802627	0,02903
Чукотский автономный округ	0,00426	0,00452	0,814787	0,00621
Ярославская область	0,06463	0,09781	0,986876	0,11723

*Источник: рассчитано автором*

С целью наглядного анализа эколого-экономической обстановки на территории России построен график (Рис. 2.1), где представлена графическая

интерпретация эколого-экономического состояния субъектов РФ по предложенному интегральному комплексному показателю.

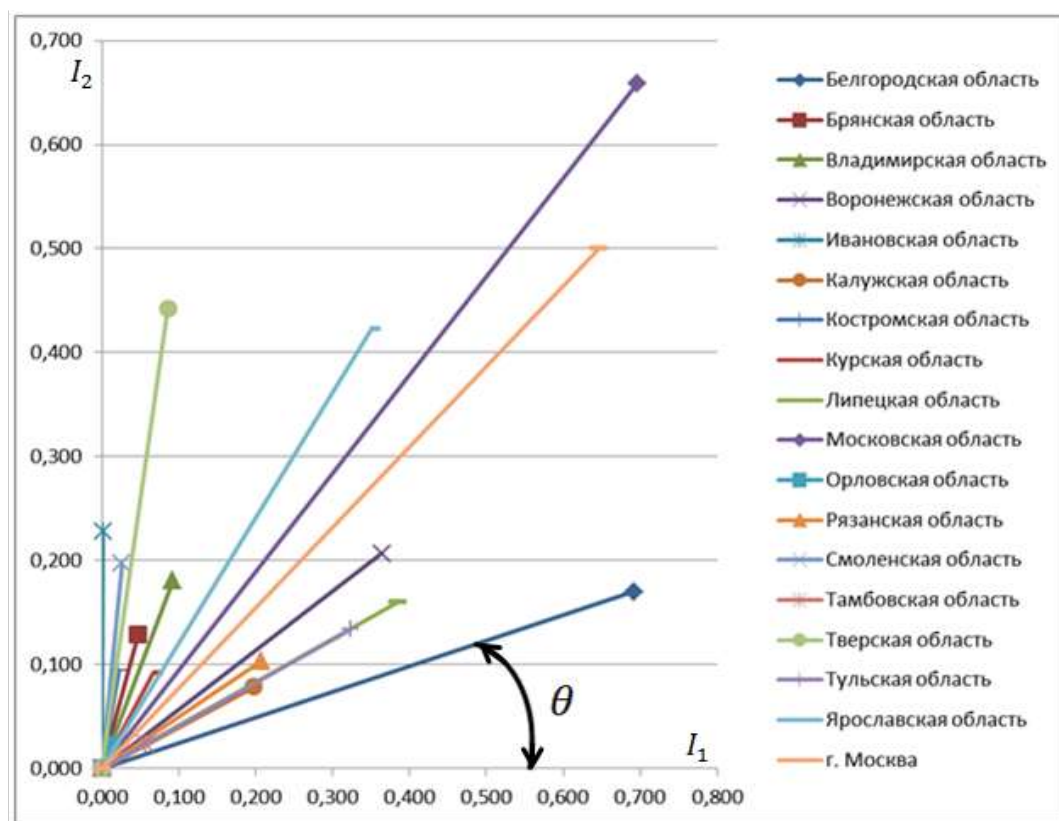


Рисунок 2.1 - Графическая интерпретация эколого-экономического состояния субъектов РФ

Источник: составлено автором

Предложенная в настоящем исследовании адаптация метода свертки и построения комплексного интегрального показателя эколого-экономического состояния регионов при помощи комплексной функции позволяет получить оценку эколого-экономического состояния региона, а также выявить и отследить наличие отставания того или иного показателя, характеризующего состояние региона. Анализ динамики изменения полученного интегрального показателя позволяет спрогнозировать эколого-экономическое состояние региона при изменении исследуемых факторов.

При проведении дальнейших исследований возможно использование более сложных комплекснозначных моделей [91, 92, 97, 129, 130]:

- линейная модель действительного аргумента:



$$y_r + iy_i = (a_0 + ia_1) + (b_0 + ib_1)t = (a_0 + b_0t) + i(a_1 + b_1t) \quad (2.6)$$

- степенная функция:

$$y_{rt} + iy_{it} = (a_0 + ia_1)t^{(b_0+ib_1)} \quad (2.7)$$

- линейный тренд комплекснозначной функции действительного аргумента:

$$y_{rt} + iy_{it} = (b_0 + ib_1)t \quad (2.8)$$

- комплекснозначная модель авторегрессии:

$$y_{rt} + iy_{it} = (b_0 + ib_1)^t (y_{r1} + iy_{i1}) \quad (2.9)$$

**Применение таких моделей** и оценка их параметров позволят выявить новые закономерности развития эколого-экономических систем.

## **2.2. Классификация субъектов РФ по соотношению экологического состояния и затрат на природоохранные мероприятия**

Чтобы охарактеризовать данные результаты и провести классификацию субъектов РФ, воспользуемся методами кластерного анализа.

Методы кластерного анализа относятся к многомерным методам. Перед исследователем находится поле из множества объектов, каждый из которых описывается множеством переменных. Методы кластерного анализа позволяют разбить изучаемую совокупность объектов на группы.

Кластерный анализ делится на несколько этапов:

1) спецификация проблемы, т.е. выбор переменных, на основе которых будет производиться кластеризация.

2) выбор меры расстояния между объектами.

3) преобразование переменных.

4) выбор метода кластеризации.

5) задание количества кластеров.

6) интерпретация полученных результатов

7) оценка эффективности кластерного анализа.

Методы кластерного анализа.

- агломеративные. Исследователь начинает с создания элементарных кластеров, каждый из которых состоит только из одного исходного наблюдения (одной точки), а на каждом последующем шаге происходит объединение двух наиболее близких кластеров в один. графически процесс может быть представлен в виде дендрограммы, что позволяет оценить величину расстояния, на котором соответствующие элементы связываются в новый кластер.

- дивизивные. Разбивка кластеров происходит непосредственно при заданном заранее числе кластеров. Метод К-средних строит ровно К различных кластеров, расположенных на возможно больших расстояниях друг от друга.

Для того, чтобы определить близость или схожесть различных объектов, необходимо ввести некоторую количественную величину, характеризующую эту близость. Естественным представляется ввести некоторую меру расстояния между объектами, аналогичную обычному физическому пространству. Каждый объект представляется точкой в многомерном пространстве признаков. В таком случае кластеры выглядят как скопления этих точек (Рис. 2.2).

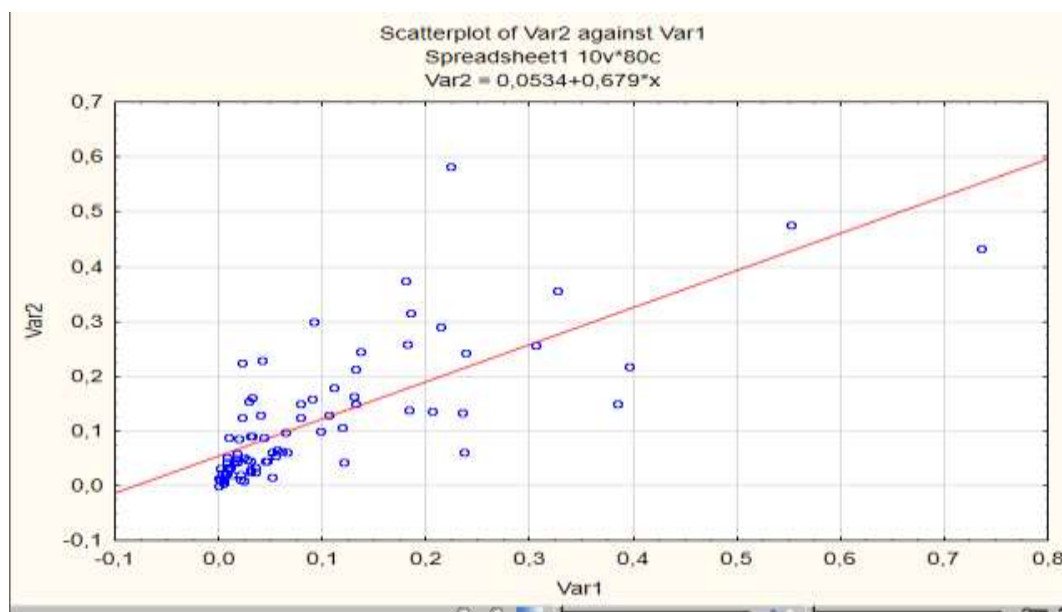


Рисунок 2.2 – Корреляционное поле рассеивания объектов наблюдений

Источник: построено автором

Анализируя диаграмму рассеивания объектов, возникает задача их классификации, для чего воспользуемся инструментом кластерного анализа (кластеризация по методу К-средних) программы STATISTICA.

Первоначально необходимо проанализировать количество предполагаемых кластеров. Не существует единственно правильной априорной разбивки на кластеры, поэтому необходимо воспользоваться различными вариантами разбивки.

Выделяют 2 критерия разбивки на кластеры:

- формальный – связан с тем, что объекты одной группы заметно отличаются от объектов другой группы по всем включенным в анализ переменным;
- содержательный – определяется возможностью разумной интерпретации каждого кластера.

Необходимо эффективно разбить эти объекты на группы, таким образом, чтобы:

- внутри группы объекты были максимально схожи между собой;
- группы максимально между собой различаются.

Воспользовавшись древовидным методом кластерного анализа пакета STATISTIKA, проанализируем автоматическую разбивку по 80 субъектам РФ на кластеры в иерархическом виде (Рис. 2.3).

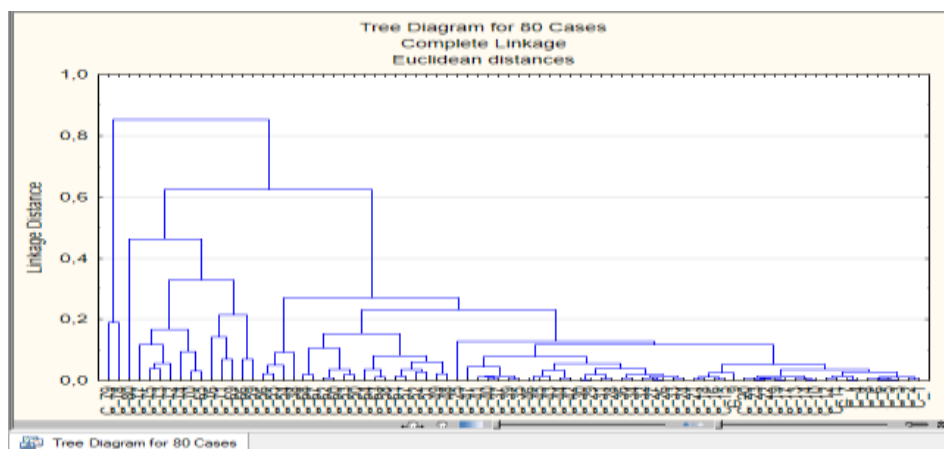


Рисунок 2.3 - Дендрограмма классификации субъектов РФ по эколого-экономическому состоянию

Источник: построено автором



Для более детального анализа рассмотрим восемнадцать субъектов центрального федерального округа на основании экономической ( $V_1, \dots, V_9$ ) и экологической ( $V_2, \dots, V_{10}$ ) составляющих интегрального показателя за 5 лет с 2010 года (Табл. 2.6).

**Таблица 2.6 - Данные экономической и экологической составляющих по регионам ЦФО РФ**

Регионы	2010		2011		2012		2013		2014	
	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$	$V_8$	$V_9$	$V_{10}$
Белгородская область	0,1895	0,1716	0,4075	0,1741	0,6451	0,1623	0,6386	0,1661	0,6917	0,1701
Брянская область	0,0009	0,0518	0,0145	0,0563	0,0328	0,0584	0,0314	0,0949	0,0468	0,1289
Владимирская область	0,0404	0,1306	0,0456	0,1092	0,0882	0,1348	0,1190	0,1459	0,0917	0,1807
Воронежская область	0,1166	0,1930	0,1361	0,1587	0,3118	0,1377	0,3936	0,1839	0,3638	0,2068
Ивановская область	0,0107	0,1188	0,0244	0,1429	0,0245	0,1304	0,0016	0,2104	0,0010	0,2276
Калужская область	0,0104	0,0544	0,0076	0,0408	0,0772	0,0544	0,1774	0,0626	0,1975	0,0782
Костромская область	0,0046	0,0736	0,0014	0,1014	0,0063	0,0891	0,0105	0,0957	0,0214	0,0940
Курская область	0,0589	0,0983	0,0703	0,0903	0,0743	0,1279	0,0567	0,0944	0,0673	0,0921
Липецкая область	0,5425	0,1568	0,4797	0,1472	0,3434	0,1417	0,4712	0,1517	0,3843	0,1600
Московская область	0,3012	0,6414	0,2367	0,6464	0,6774	0,6266	0,7508	0,6872	0,6960	0,6585
Орловская область	0,0056	0,0322	0,0043	0,0357	0,0135	0,0199	0,0063	0,0300	0,0112	0,0224
Рязанская область	0,0479	0,0947	0,0698	0,1052	0,1441	0,0902	0,2806	0,1233	0,2062	0,1031
Смоленская область	0,0246	0,1422	0,0331	0,1570	0,0276	0,1414	0,0538	0,2156	0,0261	0,1968
Тамбовская область	0,0305	0,0163	0,0157	0,0159	0,0896	0,0232	0,0772	0,0414	0,0565	0,0231
Тверская область	0,1131	0,4445	0,1158	0,4464	0,0728	0,4512	0,0627	0,4431	0,0857	0,4422
Тульская область	0,0639	0,1167	0,0695	0,1321	0,2055	0,1124	0,2827	0,1239	0,3234	0,1337
Ярославская область	0,1810	0,2145	0,2539	0,2776	0,4133	0,3217	0,2883	0,4027	0,3507	0,4233
г. Москва	0,5182	0,4563	0,4910	0,4798	0,6504	0,4694	0,6122	0,4852	0,6461	0,5003

*Источник: рассчитано автором*

Кластеризацией по методу К-средних произведем разбику исходных объектов на 5 кластеров. Выбор количества кластеров производился экспериментальным путем. Оптимальный результат был достигнут при  $K=5$ . В ходе попытки проведения кластерного анализа при  $K=3$  и  $K=4$  были получены укрупненные результаты, т.е. в один кластер попадали субъекты с явно отличающимися экологическими и экономическими характеристика (Рис. 2.4).

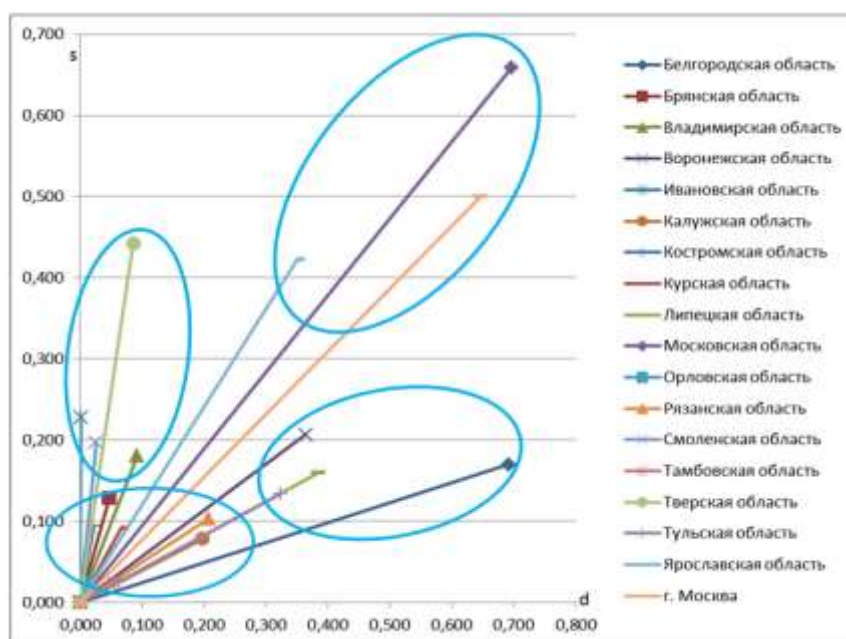


Рисунок 2.4 – Результаты кластерного анализа при  $K=4$

Источник: построено автором

При  $K=6$ , полученные кластеры стало трудно охарактеризовать, в связи с их высокой детализацией.

В результате кластеризации, получим следующую графическую интерпретацию кластеров за последние 5 лет. Для примера рассмотрим графическую интерпретация кластеров по данным за 2014 год (Рис. 2.5).

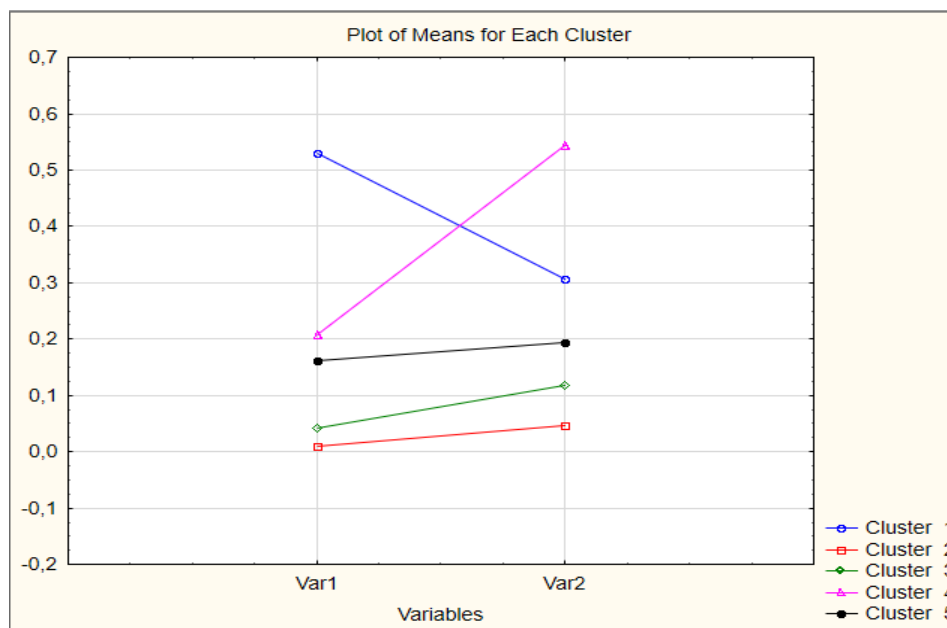


Рисунок 2.5 - Графическая интерпретация кластеров

Источник: построено автором

На рисунках показаны расстояния каждого объекта (региона) до центра кластера. Поскольку центр кластера характеризует кластер, то, чем меньше расстояния до центра, тем типичнее объект для данного кластера (используется Евклидово расстояние между кластерами).

Из графиков видно, что кластеры заметно отличаются по двум переменным. Для примера рассмотрим описательную статистику кластеров за 2010 год (Рис. 2.6)

Descriptive Statistics for Cluster 1 (Spreadsheet1.sta)				
Cluster contains 2 cases				
Variable	Mean	Standard Deviation	Variance	
Var1	0,530306	0,017189	0,000295	
Var2	0,306529	0,211811	0,044864	

Рисунок 2.6 - Описательная статистика 1 кластера

Источник: составлено автором

В кластерном анализе используют следующие меры для измерения расстояний.

- 1) Евклидово расстояние. Наиболее общий тип расстояния, вычисляется по следующей формуле:

$$R(x, y) = \sqrt{\sum_i (x_i - y_i)^2} \quad (2.10)$$

- 2) Квадрат евклидова расстояния. Применяется, чтобы придать большие веса более отдаленным друг от друга объектам, вычисляется по формуле:

$$R(x, y) = \sum_i (x_i - y_i)^2 \quad (2.11)$$

- 3) Расстояние городских кварталов. В большинстве случаев эта мера расстояния приводит к таким же результатам, как и для обычного расстояния Евклида. Однако, для этой меры, влияние отдельных больших разностей (выбросов) уменьшается. Вычисляется такое расстояние по следующей формуле:

$$R(x, y) = \sum_i |x_i - y_i| \quad (2.12)$$

- 4) Расстояние Чебышева. Это расстояние используется, когда есть потребность определить два объекта как «различные», если они различаются по какой-либо одной координате. Вычисляется по формуле:

$$R(x, y) = \text{Max}|x_i - y_i| \quad (2.13)$$

- 5) Степенное расстояние. Иногда есть потребность прогрессивно увеличить или уменьшить вес, относящийся к размерности, для которой соответствующие объекты сильно отличаются. Это может быть достигнуто с использованием степенного расстояния:

$$R(x, y) = \sqrt[r]{\sum_i |x_i - y_i|^p}, \quad (2.14)$$

где  $r, p$  – параметры, определяемые пользователем. Если оба они равны 2, то это расстояние совпадает с расстоянием Евклида.

- 6) Процент несогласия. Эта мера используется в тех случаях, когда данные являются категориальными. Вычисляется расстояние по формуле:

$$R(x, y) = \frac{\text{Количество}(x_i \neq y_i)}{i} \quad (2.15)$$

На следующем этапе по расстоянию между объектами производится дальнейшее объединение. Для этого используется ряд методов.

1. Метод ближайшего соседа. Расстояние между двумя кластерами определяется расстоянием между двумя наиболее близкими объектами в различных кластерах.

2. Метод наиболее удаленного соседа. Расстояния между кластерами определяются наибольшим расстоянием между любыми двумя объектами в различных кластерах.

3. Невзвешенное попарное среднее. Расстояние между двумя различными кластерами вычисляется как среднее расстояние между всеми парами объектов в них.

4. Взвешенное попарное среднее. Метод аналогичен предыдущему, но при вычислениях размер соответствующих кластеров используется в качестве весового коэффициента. Таким образом, предпочтительнее его использовать, когда есть предположение о неравных размерах кластеров.

5. Невзвешенный центроидный метод. В этом методе расстояние между двумя кластерами определяется как расстояние между их центрами тяжести.

6. Взвешенный центроидный метод. Этот метод аналогичен предыдущему, но при вычислениях используются веса для учета разницы между размерами кластеров.

7. Метод Варда. В этом методе для оценки расстояний между кластерами используются методы дисперсионного анализа. Метод минимизирует сумму квадратов для любых двух кластеров, которые могут быть сформированы на каждом шаге. Метод эффективен, однако он стремится создавать кластеры малого размера.

Рассмотрим поэлементный состав кластеров (Табл. 2.7), характеризующий динамику изменения эколого-экономического состояния регионов.

**Таблица 2.7 - Поэлементный состав кластеров по количеству входящих в него регионов**

<b>Кластер</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
I	2	3	3	2	2
II	5	3	7	5	4
III	7	1	3	3	2
IV	2	1	3	4	3
V	2	10	2	4	7

*Источник: составлено автором*

В кластер I по данным 2010 года вошли 2 региона: г. Москва и Липецкая область. В 2011 году в кластер I вошли области: г. Москва, Липецкая область и Белгородская области. В 2012 году – г. Москва,

Московская область и Ярославская область. В 2013 году – г. Москва и Московская область. В 2014 году – г. Москва и Московская область.

По результатам классификации к характерным признакам 5 кластеров относятся следующие:

- кластер I – субъекты, требующие повышенного внимания, что может быть объяснено высоким уровнем развития промышленности с высокой долей экологических нарушений и в то же время значительные затраты на природоохранные мероприятия.

- кластер II – субъекты, требующие дополнительного финансирования. Это регионы с высокой долей экологических нарушений и относительно недостаточной долей затрат на природоохранные мероприятия;

- кластер III – субъекты уравновешенного состояния. Это регионы с невысокой долей экологических нарушений, но высоким уровнем затрат на их предупреждение;

- кластер IV – субъекты со спокойной экологической обстановкой.

- кластер V – субъекты наиболее благоприятной экологической обстановкой.

При рассмотрении более детально конкретного региона, например, Ивановская область, основываясь на данных свертки и кластерного анализа, можно проследить динамику ее эколого-экономического состояния и принять соответствующие решения. На рисунках 2.7, Е.1, Е.2, Е.3 показана динамика эколого-экономического состояния Ивановской области за 5 лет с 2010 года.

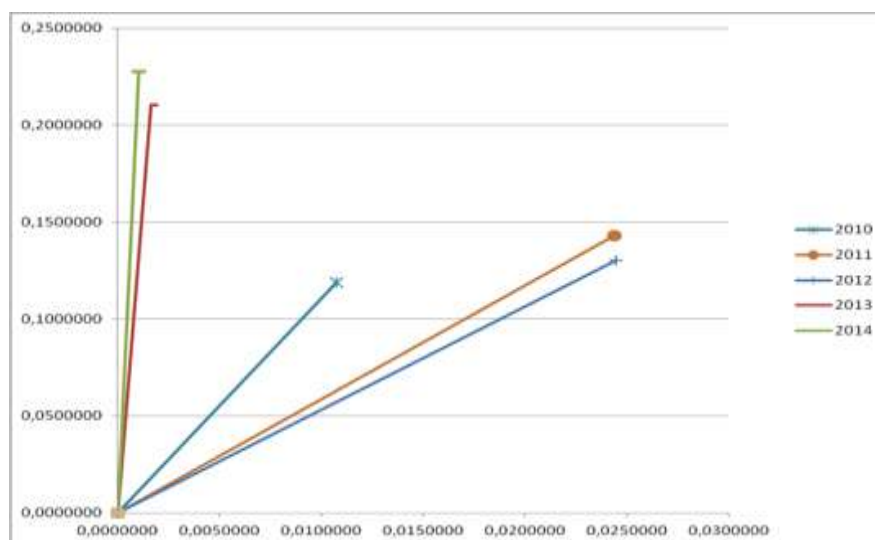


Рисунок 2.7 – Динамика интегрального показателя по Ивановской области

Источник: построено автором

Из графика видна взаимосвязь затрат на природоохранные мероприятия и уровня экологического состояния. В частности, за период 2013-2014 года, при уменьшении затрат на природоохранные мероприятия, возросло количество нарушений в секторе экологии.

Таким образом, результаты изменения интегрального показателя для каждого конкретного региона, а также результаты их кластеризации позволяют принимать более эффективные решения, направленные на реализацию природоохранных мероприятий.

### **2.3 Структура разрабатываемой системы поддержки принятия решений с использованием базы данных на основе облачных технологий**

На текущий момент в динамичном тренде по степени актуализации находится эколого-экономическое состояние регионов, являющееся базовым стратегическим компонентом муниципального управления, совместно с административными рычагами регулирования, правовой законодательной базой, благоустройством, финансовой составляющей, инвестиционной

политикой. В реальности формирование стратегии эколого-экономического развития основано на оценке его эколого-экономического состояния региона.

Комплексная система в области эколого-экономического менеджмента должна предполагать осуществление непрерывного процесса, основанного на постоянном отслеживании и прогнозировании возможных ситуаций и угроз, совершенствовании информационного обеспечения; исследовании и реализации эффективных форм и методов создания и развития подсистем эколого-экономической безопасности; улучшении системы экологического образования; применении отечественного опыта и подходов, используемых в зарубежных странах.

Таким образом, целью использования региональными властями СППР является решение следующего комплекса задач:

- отслеживание эколого-экономических параметров для осуществления контроля и комплексного анализа текущей эколого-экономической ситуации на региональном уровне;
- исследование территориальной информации на основе статистического потока данных и определение тенденций и закономерностей в накапливаемых данных;
- прогнозирование состояния региональных систем и выявление отклонений на реперных точках роста в эколого-экономической системе;
- анализ воздействия различных видов параметров на эколого-экономическую позицию в регионе;
- **моделирование** процессов эколого-экономического развития региона на основе отношений имитационных и оптимизационных моделей;

Использование компьютерных технологий при исследовании поведения эколого-экономических систем является сложным процессом, диктующим для своего формирования использование системного подхода. Ключевым принципом системного подхода является принцип иерархической декомпозиции и связанный с ним принцип стратификации, определяющий



передачу объекта и разрабатываемой системы на различных уровнях абстракции. К таким **уровням** относятся:

- системный уровень, при котором происходит построение модели объекта;
- кибернетический уровень, связанный с созданием механизмов управления;
- операционный уровень, на котором осуществляется описание системы на уровне технологических процессов и моделей на формализованном и вербальном языке;
- алгоритмический уровень, отражающий разработку алгоритмов решения задач;
- информационный уровень, осуществляющий проектирование информационной модели объекта;
- программный уровень, показывающий реализацию проекта.

На рисунке 2.8 представлена структура разрабатываемой системы поддержки принятия решений.

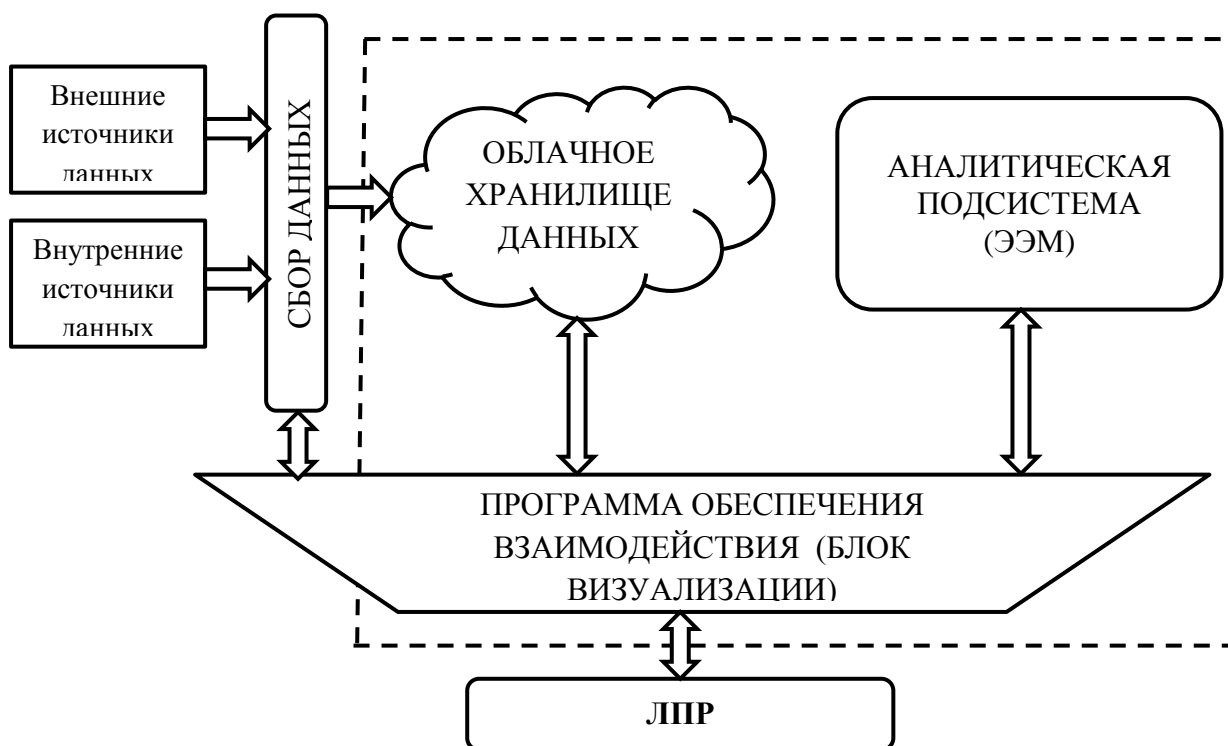


Рисунок 2.8 – Структура системы поддержки принятия решений

Источник: составлено автором

Представленная структура состоит из четырех базовых модулей:

1. Сбор данных. В данном модуле происходит сбор данных предоставленных пользователем в ходе взаимодействия с программным интерфейсом разрабатываемой системы.

2. Хранилище данных. Хранение данных собранных в первом модуле производится в облачной базе данных.

3. Аналитическая система. В данном модуле происходит обработка данных согласно **вышеописанным экономико-математическим моделям**.

4. СППР. Модуль, обеспечивающий взаимодействие лица принимающего решение с данными обработанными системой.

Рассмотрим наиболее подробно второй модуль разрабатываемой системы поддержки принятия решений – «Облачное хранилище данных». Как было сказано выше, хранение данных организовано в виде базы данных с использованием облачной технологии.

Технология облачного хранения баз данных представляет собой модель онлайн-хранилища, в котором все данные хранятся на различных серверах, размещенных в сети. Серверы предоставляются в пользование конечным клиентам на договорной основе нейтральной стороной. Пользователь может пользоваться выделенными серверами, а также брать их в аренду для реализации какой-то конкретной цели. В этом случае, внутренняя структура серверов клиенту, как правило, не обзрима. Все данные вносятся, хранятся и преобразуются, в так называемом «облаке», представляющем собой абстрактный виртуальный сервер. Физически эти серверы могут быть расположены территориально удалённо друг от друга географически.

Таким образом, облачное хранение данных предусматривает использовать своеобразный онлайн-сервис, позволяющий хранить данные на удаленном сервере. Пользователь может осуществить загрузку данных в любое онлайн-хранилище и в последующем пользоваться ими прямо из самого сервера. С позиции клиента, для него наглядно, что все действия осуществляются в одном месте - «облаке». Физическая удаленность серверов

не влияет на производительность работы облачных сервисов, так как скорость работы зависит от скорости интернет-соединения на стороне клиента.

Одной из ключевых задач организации поддержки принятия решений является обеспечение ЛПР полными и структурированными данными. Для решения данной проблемы, спроектирована база данных «Экостат». Обобщенная структура информации, содержащейся в БД «Экостат» выглядит следующим образом (Рис. 2.9):

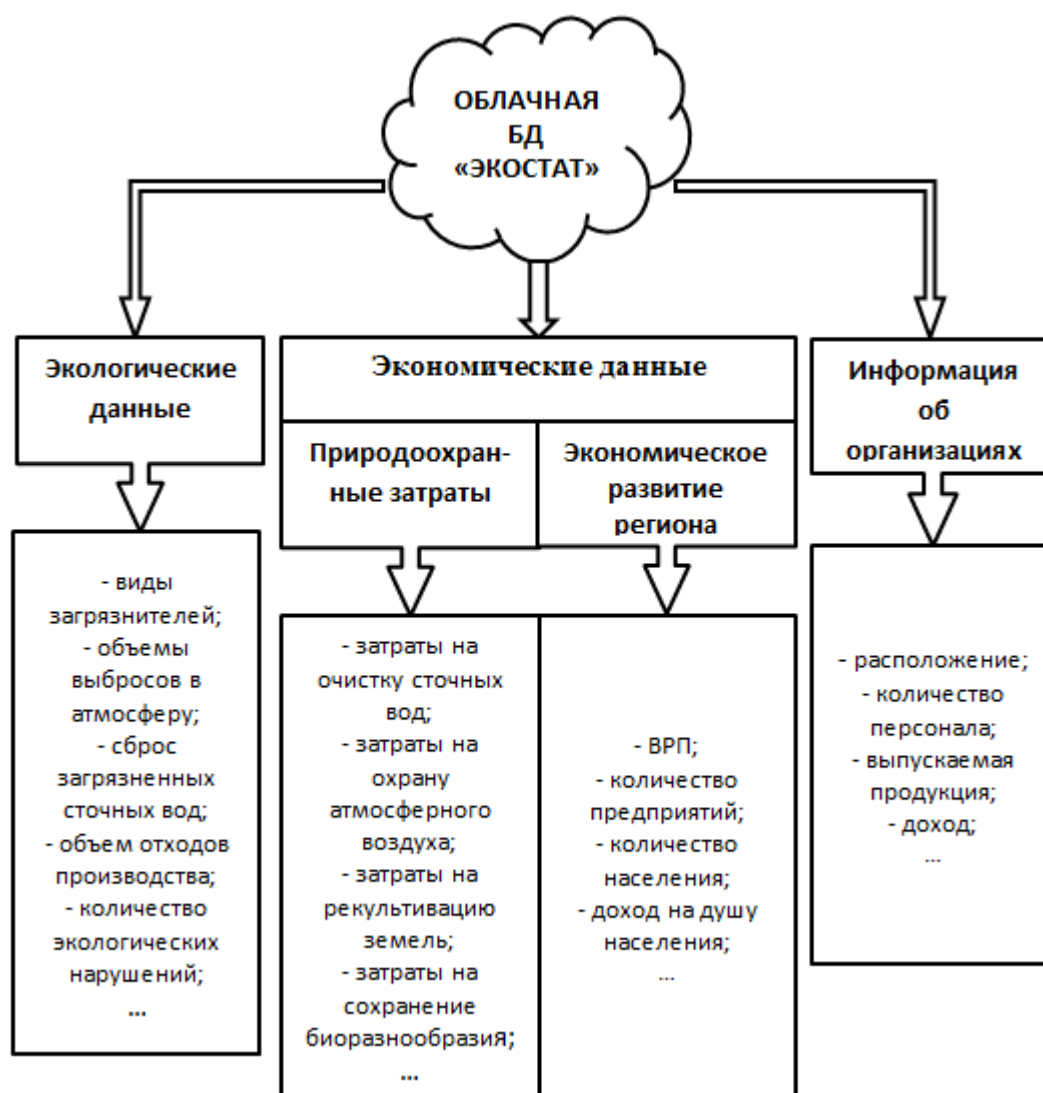


Рисунок 2.9 – Обобщенная структура информации базы данных «Экостат»  
Источник: составлено автором

Основными источниками информации для БД «Экостат» стали официальные публикации Росстата, такие как: «Основные показатели охраны окружающей среды», «Охрана окружающей среды России», «Регионы

России. Основные социально-экономические показатели городов», «Промышленность России», а также отчетность производственных организаций.

Более подробно рассмотрим структуру информационного обеспечения рассматриваемой базы данных. Информационное обеспечение является одним из ключевых аспектов организационно-методических условий эффективного решения задач, связанных с автоматизацией процессов. Создание его в любой системе включает информационную базу и взаимосвязь различных компонентов этой базы данных. (Рис. 2.10)

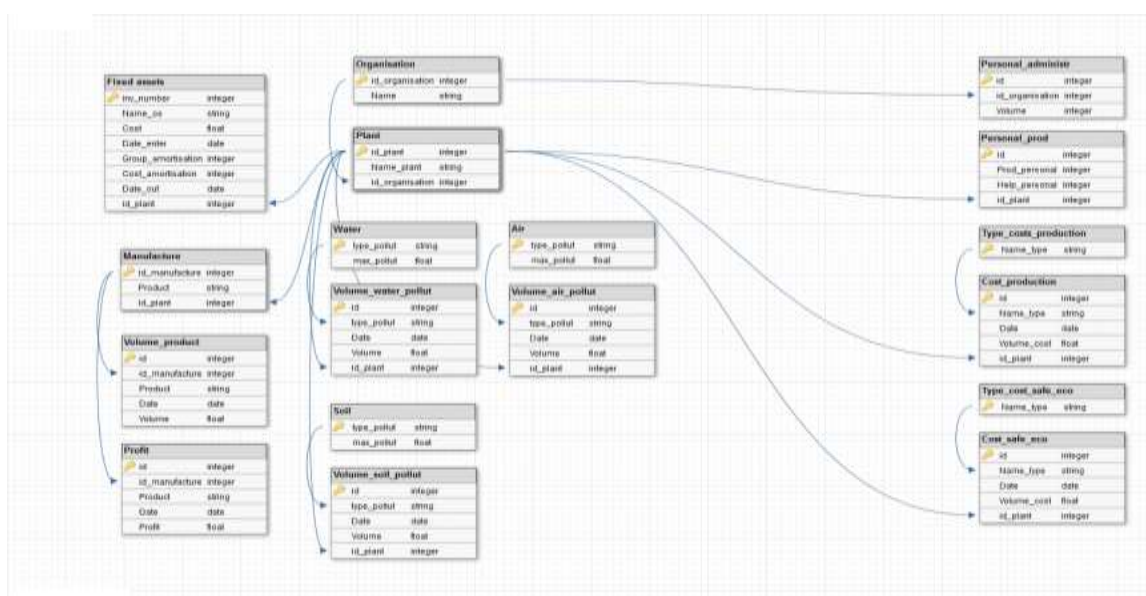


Рисунок 2.10 – Фрагмент даталогической модели БД «ЭкоСтат»

Источник: составлено автором

Для записи исходных данных первоначально необходимо создать макет, представляющий собой формализованную и четкую последовательность распределения реквизитов.

Рассмотрим перечень и описание входной, выходной и нормативно-справочной информации.

Нормативно-справочная информация представлена в виде следующих справочных массивов.

- массив справочника регионов (REGIONS);
- массив справочника организаций (ORGANIZS);
- массив справочника продуктов (PRODUCTS);

- массив справочника основных фондов (ASSETS);
- массив справочника загрязнителей водной среды (WATER);
- массив справочника загрязнителей атмосферной среды (AIR);
- массив справочника загрязнителей почвы (SOIL);
- массив справочника затрат на производство (ZPROIZV);
- массив справочника затрат на охрану природы (ZPRIROD);

Перечень и описание массивов нормативно-справочной информации представлены в таблице 2.8.

**Таблица 2.8 - Перечень и описание массивов нормативно-справочной информации**

Сообщение	Идентификатор	Форма представления	Частота поступления	Источник информации
1	2	3	4	5
Справочник регионов	REGIONS	Массив	При добавлении нового региона	БД
Справочник организаций	ORGANIZS	Массив	При появлении новой организации	БД
Справочник продуктов	PRODUCTS	Массив	При появлении нового продукта	БД
Справочник основных фондов	ASSETS	Массив	При появлении нового основного средства на предприятии	БД
Справочник загрязнителей водной среды	WATER	Массив	При появлении нового вещества	БД
Справочник загрязнителей атмосферы	AIR	Массив	При появлении нового вещества	БД
Справочник загрязнителей почвы	SOIL	Массив	При появлении нового вещества	БД
Справочник затрат на производство	ZPROIZV	массив	При появлении статьи новых затрат	БД
Справочник затрат на охрану природы	ZPRIROD	массив	При появлении статьи новых затрат	БД

*Источник: составлено автором*

Информация о регионах содержится в массиве REGIONS. Описание данного массива приведено в таблице 2.9.

**Таблица 2.9 - Перечень реквизитов массива REGIONS**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	В программе	В математическом описании		
1	2	3	4	5
Код региона	PLANT	j	3	Символьный
Наименование региона	NAMEP	-	20	Символьный

*Источник: составлено автором*

Информация об организациях содержится в массиве ORGANIZS. Описание данного массива приведено в таблице 2.10.

**Таблица 2.10 - Перечень реквизитов массива ORGANIZS**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	В программе	В математическом описании		
1	2	3	4	5
Код субъекта РФ	SUBRF	s	5	Числовой
Код организации	ORG	k	5	Числовой
Наименование организации	NAME	-	50	Символьный

*Источник: составлено автором*

Способ организации массива – последовательный, записи постоянной длины, упорядочены по возрастанию кода организации.

Структура массива PRODUCTS, характеризующего перечень выпускаемой продукции представлена в таблице 2.11.

**Таблица 2.11 - Перечень реквизитов массива PRODUCTS**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	В программе	В математическом описании		
1	2	3	4	5
Код продукта	PROD	i	7	Символьный
Наименование продукта	NAMEPROD	-	30	Символьный

*Источник: составлено автором*

Структура массива ASSETS, характеризующего перечень основных фондов организации представлена в таблице 2.12.

**Таблица 2.12 - Перечень реквизитов массива ASSETS**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	В программе	В математическом описании		
1	2	3	4	5
Инвентарный номер	INV	l	5	Символьный
Наименование ОС	NAMEINV	-	20	Символьный
Стоимость ОС	STOS	Sos	5	Символьный
Дата ввода в эксплуатацию	DVVEXP	d <sub>v</sub>	8	Дата
Амортизационная группа	GRAMORT	-	4	Символьный
Амортизация	AMORT	A	10	Числовой
Дата списания	DSPIS	d <sub>s</sub>	8	Дата
Код предприятия	ORG	j	20	Символьный

*Источник: составлено автором*

Структура массива WATER, характеризующего перечень загрязнителей водной среды и их допустимую концентрацию представлена в таблице 2.13.

**Таблица 2.13 - Перечень реквизитов массива WATER**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	В программе	В математическом описании		
1	2	3	4	5
Код загрязнителя водной среды	WATER	v	2	Символьный
Наименование загрязнителя водной среды	NAMEW	-	50	Символьный
Максимально допустимая концентрация	MDVV	W	5	Числовой

*Источник: составлено автором*

Структура массива AIR, характеризующего перечень загрязнителей атмосферы и их предельную концентрацию представлена в таблице 2.14.

**Таблица 2.14 - Перечень реквизитов массива AIR**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	В программе	В математическом описании		
1	2	3	4	5
Код загрязнителя атмосферы	AIR	a	2	Символьный
Наименование загрязнителя атмосферы	NAMEA	-	50	Символьный
Максимально допустимый выброс	MDVA	A	5	Числовой

*Источник: составлено автором*

Структура массива SOIL, характеризующего перечень загрязнителей почвы и их предельную концентрацию представлена в таблице 2.15.

**Таблица 2.15 - Перечень реквизитов массива SOIL**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	В программе	В математическом описании		
1	2	3	4	5
Код загрязнителя почвы	SOIL	p	2	Символьный
Наименование загрязнителя почвы	NAMES	-	50	Символьный
Максимально допустимая концентрация	MDVS	P	5	Числовой

*Источник: составлено автором*

Структура массива ZPROIZV, характеризующего перечень затрат на организацию производства, представлена в таблице 2.16.

**Таблица 2.16 - Перечень реквизитов массива ZPROIZV**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	В программе	В математическом описании		
1	2	3	4	5
Код вида затрат на производство	VZPROIZV	-	2	Символьный
Наименование вида затрат	NAMEVZPZ	-	30	Символьный

*Источник: составлено автором*



Структура массива ZPRIROD, характеризующего затраты на природоохранные мероприятия, представлена в таблице 2.17.

**Таблица 2.17 - Перечень реквизитов массива ZPRIROD**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	В программе	В математическом описании		
1	2	3	4	5
Код вида затрат на природоохранные мероприятия	VZPRIROD	-	2	Символьный
Наименование вида затрат	NAMEVZPD	-	30	Символьный

*Источник: составлено автором*

Первичные документы с данными, характеризующими эколого-экономическое состояние, являются основой для мониторинга. Непосредственно по первичным документам осуществляют предварительный, текущий и последующий контроль за эколого-экономическим состоянием.

Входная информация представлена в виде данных, относящихся к экологической и экономической информации, которые поступают непосредственно на электронных носителях от сотрудников, отвечающих за мониторинг эколого-экономического состояния.

К данным экологической информации относятся: виды загрязнителей, объемы выбросов в атмосферу (твердые вещества, диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, углеводороды с учетом ЛОС), сброс загрязненных сточных вод, объем отходов производства (отходы производства химических веществ, отходы производства углеводородов ациклических ненасыщенных, отходы при получении промежуточных продуктов для производства химических веществ и химических продуктов, отходы минеральных масел турбинных, всплывшие нефтепродукты из нефтеловушек и аналогичных сооружений, силикагель отработанный, загрязненный опасными веществами и др.), количество экологических нарушений и т.д.

К экономической информации относятся текущие и капитальные затраты на охрану окружающей среды. К основным текущим затратам на охрану окружающей среды относятся следующие:

- на очистку сточных вод;
- на охрану атмосферного воздуха;
- на рекультивацию земель;
- на оплату услуг природоохранного назначения;
- на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий;
- на научно-исследовательскую деятельность и разработки по снижению негативных антропогенных воздействий на окружающую среду.

Краткий перечень входных данных для СППР и их описание содержатся в таблице 2.18.

**Таблица 2.18 – Краткий перечень входных данные для СППР**

Сообщение	Идентификатор	Форма представления	Частота поступления	Источник информации
1	2	3	4	5
Количество экологических нарушений	VFAIL	документ	ежедневно	предприятие
Объем сброса загрязненных сточных вод	VWATER	документ	ежемесячно	предприятие
Валовый выброс в атмосферу	VAIR	документ	ежемесячно	предприятие
Объем производственных отходов	VSOIL	документ	ежемесячно	предприятие

*Источник: составлено автором*

Исходные данные при поступлении в ЭВМ преобразуются в соответствующие массивы.

Структура документа «Количество экологических нарушений» VFAIL, характеризующего количество зарегистрированных экологических нарушений представлена в таблице 2.19.

**Таблица 2.19 - Структура документа VFAIL**

Наименование реквизитов	Идентификатор	Значность реквизитов	Характер реквизитов
1	2	3	4
Код организации	P202	3	Символьный
Код нарушения	C203		Числовой
Объем	P301	8	Числовой
Дата	Q302	6	Дата

*Источник: составлено автором*

При обработке на ЭВМ документ «Количество экологических нарушений» преобразуется в массив входного сообщения со следующим перечнем реквизитов, представленным в таблице 2.20.

**Таблица 2.20 - Перечень реквизитов массива VFAIL**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	в программе	в матем. описании		
1	2	3	4	5
Код организации	KORG	j	6	C
Код нарушения	KFAIL	d	8	D
Объем	VFAIL	Q <sub>ij</sub>	10	Ч
Дата	DFAIL	L <sub>ij</sub>	8	Ч

*Источник: составлено автором*

Способ организации массива – последовательный, записи постоянной длины, упорядочены по возрастанию кода нарушения.

Структура документа «Объем сброса загрязненных сточных вод» VWATER представлен в таблице 2.21.

**Таблица 2.21 - Структура документа VWATER**

Наименование реквизитов	Идентификатор	Значность реквизитов	Характер реквизитов
1	2	3	4
Код организации	P202	6	Числовой
Объем сброса загрязненных сточных вод	Q203	6	Числовой
Дата сброса	Q204	8	Дата

*Источник: составлено автором*

При обработке на ЭВМ документ «Объем выбросов в воду» преобразуется в массив входного сообщения со следующим перечнем реквизитов, представленным в таблице 2.22.

**Таблица 2.22 - Перечень реквизитов массива VWATER**

Наименование реквизита	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	в программе	в матем. описании		
1	2	3	4	5
Код организации	KORG	-	2	C
Объем сброса загрязненных сточных вод	VWATER	v	50	C
Дата сброса	DOUT	D <sub>v</sub>	4(2)	D

*Источник: составлено автором*

Способ организации массива – последовательный, записи постоянной длины, упорядочены по возрастанию кода загрязнителя воды.

Структура документа «Валовый выброс в атмосферу» VAIR представлен в таблице 2.23.

**Таблица 2.23 - Структура документа VAIR**

Наименование реквизитов	Идентификатор	Значность реквизитов	Характер реквизитов
1	2	3	4
Код организации	P201	2	Числовой
Валовый выброс в атмосферу	P202	50	Числовой
Объем выброса после очистки	P203	50	Числовой
Дата сброса	Q203	6	Дата

*Источник: составлено автором*

Аналогичным образом строится структура иных документов необходимых для анализа эколого-экономического состояния.

Далее рассмотрим структуру данных получаемых в результате обработки системой. Основное назначение выходных документов – отразить информацию, позволяющую контролировать, просматривать и анализировать данные, касающиеся эколого-экономического состояния региона.

В результате решения задачи посредством системы поддержки принятия решений получаем следующие выходные массивы:

- MASEKOL, содержащий сведения об экологических составляющих региона, включающие валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу, сброс загрязненных сточных вод, количество нарушений и др;

- MASEKON, содержащий сведения об экономических составляющих региона, включающие текущие и капитальные затраты на охрану окружающей среды;

- MASSV, содержащий сведения о комплексном показателе эколого-экономического состояния региона, полученном в результате вычислений.

Перечень всех массивов приведен в таблице 2.24.

**Таблица 2.24 - Перечень и описание результатных массивов**

Сообщение	Идентификатор	Периодичность
1	2	3
Массив экологических показателей	MASEKOL	Ежемесячно
Массив экономических показателей	MASEKON	Ежемесячно
Массив результатов свертки	MASSV	Ежемесячно

*Источник: составлено автором*

Перечень и описание структурных единиц информации выходных данных приведены в таблицах 2.25-2.27.

**Таблица 2.25 - Перечень и описание структурных единиц информации массива MASEKOL**

Наименование структурных единиц информации	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	в программе	в математ. описании		
1	2	3	4	5
Дата	DATA	d	8	D
Код региона	KR	n	2	C
Код экологического критерия	KEKL	i	4	C
Численное (безразмерное) выражение критерия	KOLP	$K_{ekl}$	7(3)	Ч
Итого по экологическому показателю (с учетом весового коэффициента)	ITOGS	$S_{(ekl)}$	10(2)	Ч

*Источник: составлено автором*

**Таблица 2.26 - Перечень и описание структурных единиц информации массива MASEKON**

Наименование структурных единиц информации	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	в программе	в математ. описании		
1	2	3	4	5
Дата	DATA	d	8	D
Код региона	KR	n	2	C
Код экономического показателя	KEKN	i	4	C
Количество показателя	KOLP	$K_{ekl}$	7(3)	Ч
Итого по экологическому показателю	ITOGS	$S_{(ekl)}$	10(2)	Ч

*Источник: составлено автором*

**Таблица 2.27 - Перечень и описание структурных единиц информации массива MASSV**

Наименование структурных единиц информации	Идентификатор		Размерность	Характер реквизита
	В программе	в математ. описании		
1	2	3	4	5
Дата	DATA	d	8	D
Код региона	KR	n	4	C
Количество экологической составляющей	KOLL	$K_{(ekol)i}$	7(3)	Ч
Количество экономической составляющей	KOLN	$K_{(ekon)i}$	7(3)	Ч
Итого по региону	ITOGR	$S_p$	10(2)	Ч

*Источник: составлено автором*

При получении результатных документов применялась ранее предложенная **экономико-математическая модель** вычисления интегрального показателя эколого-экономического состояния субъектов РФ, которая легла в основу разрабатываемой системы поддержки принятия решений в сфере эколого-экономического менеджмента.

При осуществлении различных расчетов, связанных с производственной деятельностью на предприятиях, результатная информация, прежде всего нацелена на поддержку принятия решений в

области выполнения природоохранных мероприятий, направленных на снижение неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

Исходя из изложенного следует, что объем данных, хранящийся в спроектированной БД, а также их структура позволяет получить различную аналитическую информацию об эколого-экономическом состоянии субъектов РФ, в том числе в разрезе по предприятиям.

### **Выводы по главе**

1. С целью оценки эколого-экономического состояния регионов предложен новый подход к построению интегрального показателя эколого-экономического состояния регионов РФ, в основе которого лежит применение комплексной функции с аддитивной сверткой экономических (действительная часть) и экологических (мнимая часть) показателей

2. На основании суждений экспертов, для расчета интегральной оценки уровня эколого-экономического состояния в качестве параметров выбраны пять базовых сгруппированных экономических показателей и четыре экологических показателя. Произведена аддитивная свертка каждой группы показателей в один интегральный.

3. По результатам алгоритма К-средних кластерного анализа, проведенного на основании предложенного интегрального показателя, произведена классификация субъектов РФ по пяти кластерам. К первому классу отнесены регионы, требующие повышенного внимания со стороны государства, к пятому кластеру - регионы, в которых проблема экологии не является ключевой.

4. Для хранения и статистической обработки информации разработана табличная структура облачной БД «Экостат», содержащая показатели, характеризующие затраты на природоохранные мероприятия: затраты на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата, затраты на сбор и очистку сточных вод, затраты на обращение с

отходами, затраты на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод, затраты на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий и др. Также БД содержит показатели, характеризующие экологическое состояние региона, такие как: валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу, объем загрязненных сточных вод, объем производственных отходов, количество экологических преступлений и др.



## **ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА**

### **3.1. Анализ и реализация облачного хранения данных для разрабатываемой системы поддержки принятия решений**

Согласно структуре разрабатываемой СППР, с целью обеспечения защиты информации и мобильного доступа к ней, хранение данных спроектированной БД «Экостат» организовано в облачном хранилище.

Технология облачного хранения данных включает модель онлайн-хранилища, в котором все данные хранятся на различных серверах, размещенных в сети. Все данные хранятся и преобразуются в так называемом «облаке», представляющем собой абстрактный виртуальный сервер. Физически эти серверы могут быть расположены территориально удаленно друг от друга географически. С позиции клиента, для него наглядно, что все действия осуществляются в одном месте - «облаке».

Преимущества использования облачных сервисов состоят в следующем:

- Доступность и мобильность – облака доступны всем из любой точки, где есть Интернет.
- Круглогодичная безотказность.
- Повышение безопасности за счет консолидации вычислительных ресурсов, сведение до минимума «человеческого фактора» и подотчетность пользователей к несанкционированному доступу в систему и скачиванию данных.
- Шифрование данных, криптография и защита данных в соответствии с требованиями ФЗ РФ «О персональных данных»<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Федеральный закон РФ от 27.07.2006г. №152-ФЗ «О персональных данных»

- Повышение качества предоставляемых ИТ-услуг при меньшем количестве высококвалифицированных специалистов.

- Отсутствие первоначальных капитальных затрат или их существенное сокращение.

- Существенное сокращение временных затрат на внедрение и оперативное перераспределение ресурсов.

- Оперативное выборочное наращивание мощности виртуального сервера.

Доступность, мобильность и безопасность являются ключевыми преимуществами облачной технологии хранения данных в области эколого-экономического менеджмента, так как информация, хранящаяся в БД должна быть доступна на всей территории Российской Федерации, что позволит накапливать большие массивы данных для осуществления глубокого анализа эколого-экономической безопасности регионов РФ [46].

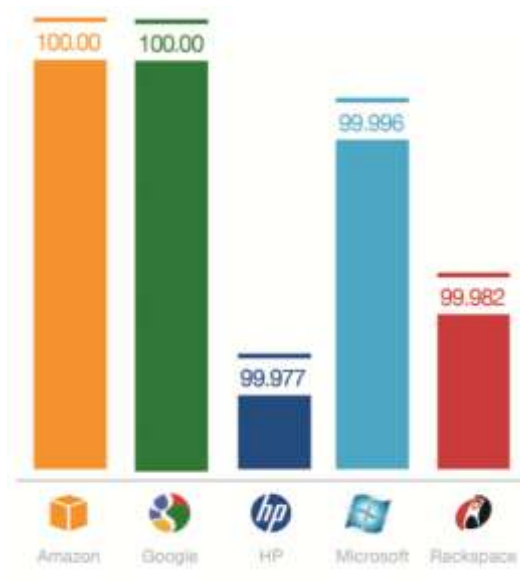
С целью реализации облачного хранения данных мною были проанализированы данные компания Nasuni [147], которая подготовила отчет о проведенном тестировании облачных хранилищ данных, которые предлагают на рынке крупнейшие вендоры Amazon, Google, HP, Microsoft и Rackspace [46].

Учитывая особенности СППР в области эколого-экономического менеджмента, для анализа были выделены четыре базовых критерия: временная доступность сервиса, масштабируемость, ошибки чтения и записи данных, стоимость. Критерий функциональности в рамках данного исследования не анализировался, так как каждый из рассматриваемых поставщиков предоставляет набор функциональных характеристик, удовлетворяющих требования разрабатываемой СППР. Рассмотрим результаты анализа по каждому из критериев более подробно [46]:

#### 1) Временная доступность сервиса.

Согласно аналитических данных компании Nasuni, на протяжении тестирования измерялся уровень доступности или аптайм облачных

сервисов. Amazon и Google продемонстрировали 100% доступность в период тестирования. Облако Microsoft продемонстрировало аптайм – 99.996%, прочие провайдеры продемонстрировали аптайм ниже 99.99% (Рис. 3.1).



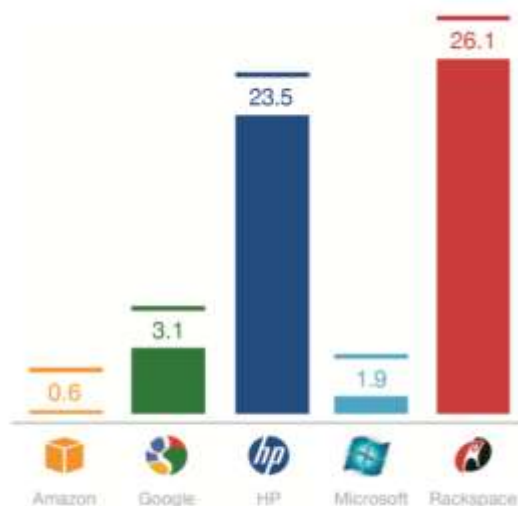
*Рисунок 3.1 – Временная доступность облачного сервиса*

*Источник: [147]*

## 2) Масштабируемость.

**Масштабируемость сервисов** тестировалось следующим образом: в хранилище облаков загружалось **100 миллионов новых объектов**, при этом на эту операцию давалось не более 30 дней. Цифры результатов тестирования показывают насколько менялась скорость загрузки со временем, что отражает насколько производительность сервиса зависит от числа загружаемых объектов, то есть насколько сервис масштабируется без потери производительности.

Тестирование показало отличную масштабируемость облачных хранилищ Amazon, Microsoft и Google, на производительность которых не влияет количество загружаемых объектов. Облака от HP и Rackspace показали наихудшие результаты масштабирования при загрузке большого числа объектов в облако (Рис. 3.2).

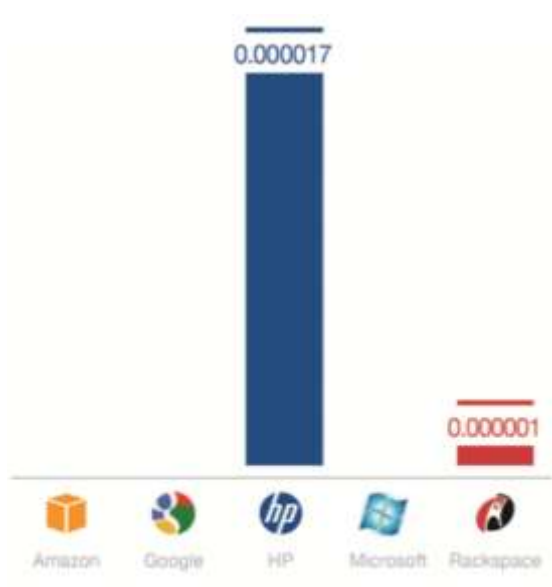


*Рисунок 3.2 – Масштабируемость облачных сервисов*

*Источник: [147]*

### 3) Ошибки чтения и записи данных.

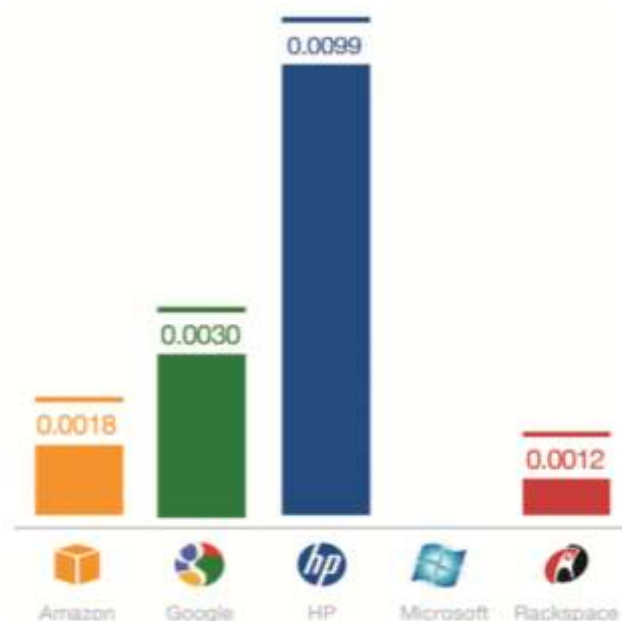
В ходе тестирования производительности облачных хранилищ отдельно отслеживались ошибки обращения к сервисам. При тестировании записи 100 миллионов объектов Amazon, Google и Microsoft продемонстрировали полное отсутствие ошибок. Ошибки при записи данных были у вендоров HP 0.000017% и Rackspace 0.000001% (Рис. 2.3).



*Рисунок 3.3 – Результаты тестирования на ошибки при обращении к сервисам*

*Источник: [147]*

При тестировании чтения данных только облако Microsoft продемонстрировало отсутствие ошибок. Остальные вендоры так или иначе показали разные уровни ошибок операций чтения (Рис. 3.4).



*Рисунок 3.4 – Результаты тестирования на ошибки чтения данных сервисов*

*Источник: [147]*

#### 4) Стоимость

Сравнивая двух лидеров проводимого тестирования Amazon и Microsoft Azure как в реальном применении, так и в тестовых возможностях выигрывает Amazon.

Windows Azure предлагает бесплатное тестирование сервисов в течение 2-3 месяцев. В это время предоставляется 750 часов для мелких вычислительных операций в месяц, аналогичное время для SQL Server, хранилище на 70 ГБ и 50 000 000 транзакций с хранилищем, и т.п.

Amazon позволяет сервисы с низкой нагрузкой использовать за 1\$ в месяц в течение года. Низкая нагрузка в EC2 – все те же 750 часов использования виртуальной машины, 30GB хранилища данных, 20GB база данных.

В базовых тарифных планах Windows Azure предлагает больше памяти и хранилищ данных, однако в Amazon добавление дополнительных мощностей и хранилищ обходится дешевле. В результате тарифы Amazon для многих сценариев оказываются более выгодными.

Таким образом, на основании результатов проведенного анализа для реализации облачного хранения данных в СППР и обработки БД «Экостат» использован облачный сервис Amazon Relational Database Service (Amazon RDS), представляющий собой распределённую реляционную базу данных от Amazon.com, а именно облачный сервис, который обеспечивает пользователей реляционными базами данных для использования в приложениях.

Amazon RDS позволяет производить быстрое развёртывание, обслуживание и удобное масштабирование. В данном случае под масштабированием понимается способность системы справляться с растущими нагрузками, путем наращивания виртуальных аппаратных ресурсов. Для таких информационных процессов, как обновление программного обеспечения БД, проведение резервного копирования, возврат к ранним состояниям (восстановление) предусмотрена возможность выполнения в автоматическом режиме.

Процесс создания облачного хранилища для БД «Экостат» представляет собой следующий алгоритм:

1. Регистрация на сайте - [aws.amazon.com](https://aws.amazon.com);
2. Запуск экземпляра RDS:
3. Запуск RDS - это фактически создание виртуального сервера, на который установлена нужная реляционная СУБД. Создание экземпляра RDS выполняется из консоли RDS Dashboard.
4. Выбор подходящей СУБД, в нашем случае это PostgreSQL (рис. 3.5).

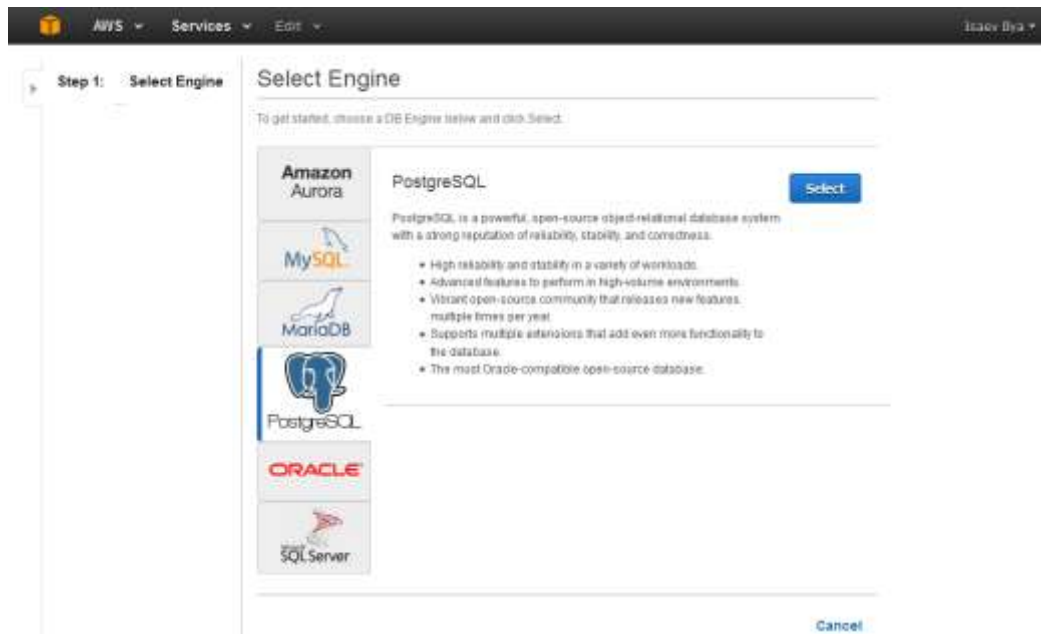


Рисунок 3.5 – Выбор СУБД экземпляра Amazon RDS

Источник: составлено автором

5. Задание системных настроек СУБД. На данном этапе детализируется выбранная СУБД: вводятся идентификаторы, определяются лицензия и версия, указывается необходимое дисковое пространство и пароли для доступа к СУБД (Рис. 3.6).

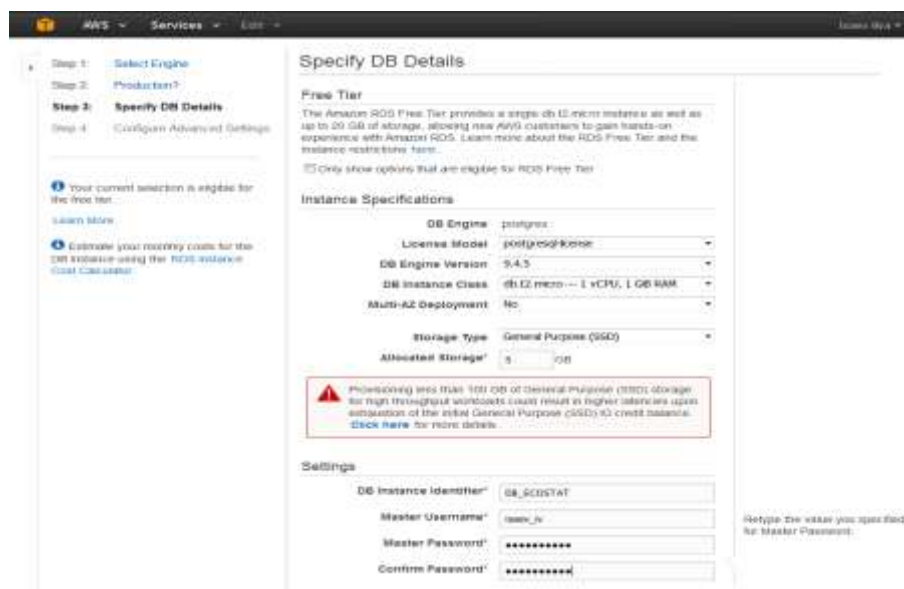


Рисунок 3.6 – Системные настройки СУБД

Источник: составлено автором

6. Конфигурирование экземпляра Amazon RDS. Определяются характеристики самой базы данных: определяется пользовательское название, и вводятся иные параметры, специфичные для выбранной модели СУБД (рис. 3.7).

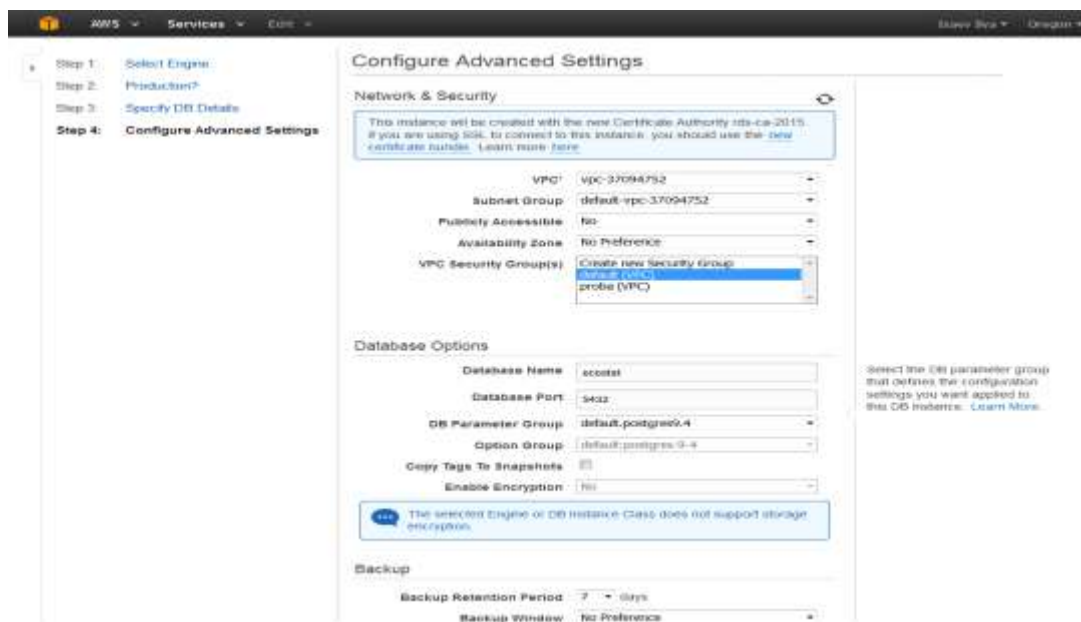


Рисунок 3.7 - Конфигурирование экземпляра Amazon RDS

Источник: составлено автором

В результате описанных действий запускается экземпляр RDS-сервера, который отражается в главном списке консоли. Особенностью сервиса RDS является то, что пользователь не имеет представления, в какой операционной системе работает требуемая СУБД, и не беспокоится о её сопровождении - пользователю предоставляется только непосредственный интерфейс к СУБД. Практически все функции RDS доступны через специальный программный интерфейс. Основные операции с базой данных производятся через «Консоль управления» (Рис. 3.8).



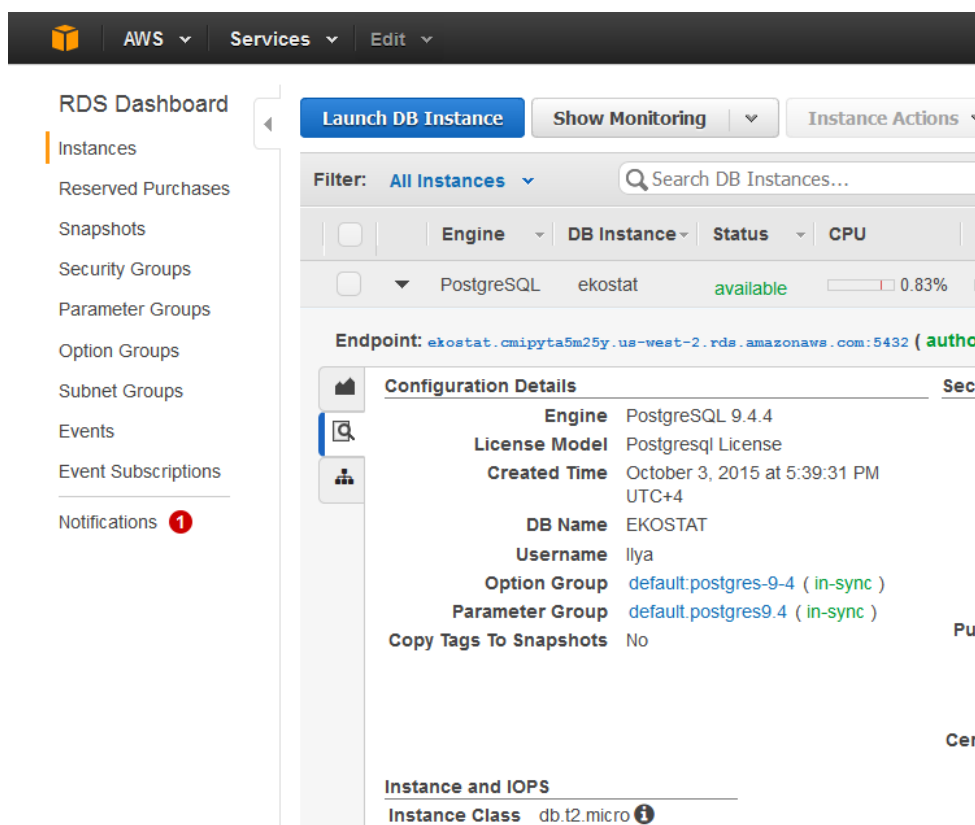


Рисунок 3.8 – Консоль управления разработанной БД «Экостат»

Источник: составлено автором

После того как СУБД в RDS запущена, с ней возможно взаимодействовать посредством любого доступного клиента, например, EMS SQL Manager for PostgreSQL. Для обеспечения взаимодействия необходимо создать специальную политику безопасности, которая обеспечит доступ к экземпляру RDS. Необходимая политика создаётся как группа безопасности в консоли виртуальных серверов Amazon EC2. Группы безопасности, созданные для иных задач, в данном случае не подойдут, так как удаленное взаимодействие с СУБД нуждается в портах, которые не рекомендуется открывать для массовых проектов. В рассматриваемом случае с PostgreSQL требуется создать группу безопасности, в которой необходимо открыть порт: 5432.

В клиенте EMS SQL Manager for PostgreSQL при создании нового соединения с СУБД указываются: метод соединения - TCP/IP; адрес из поля Endpoint консоли RDS – «ekostat.cmipyta5m25y.us-west-

2.rds.amazonaws.com»; порт 5432; имя пользователя БД; пароль доступа. Дальнейшее управление облачной базой данных выполняется средствами клиента PostgreSQL (Рис. 3.9).

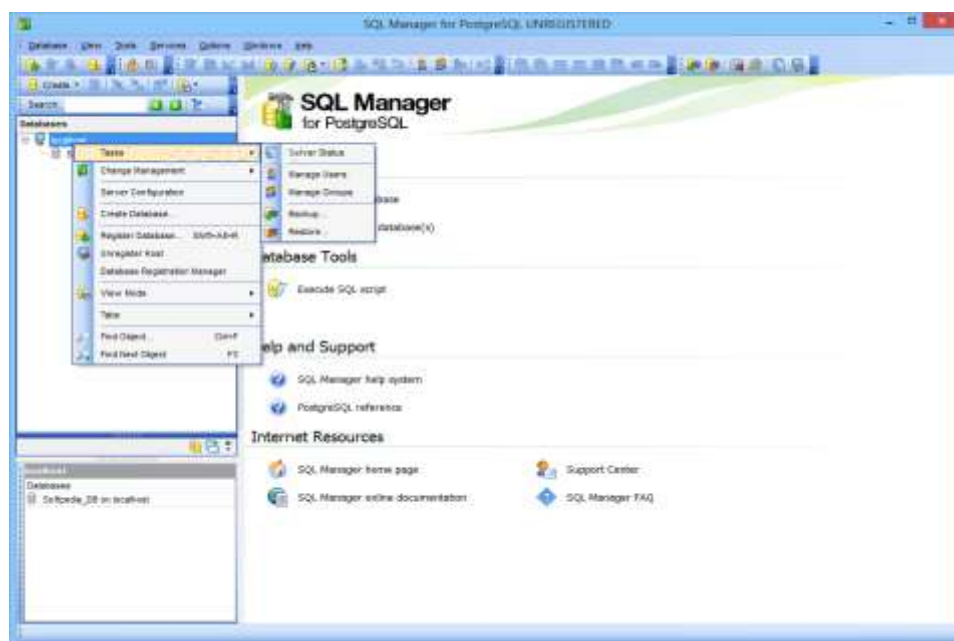


Рисунок 3.9 - Клиент EMS SQL Manager for PostgreSQL для управления БД «Экостат»

*Источник: составлено автором*

Таким образом, в результате выполнения вышеуказанного алгоритма получаем облачное хранилище данных для БД «Экостат», которая содержит в себе различную аналитическую информацию об эколого-экономическом состоянии субъектов РФ. Благодаря реализации данной БД в облачном хранилище достигается мобильный доступ к информации и обеспечивается ее сохранность, что позволит накапливать большие массивы данных для осуществления глубокого анализа эколого-экономической безопасности регионов РФ.

### **3.2. Функциональные характеристики программы для оценки эколого-экономического состояния субъектов РФ**

С целью реализации третьего и четвертого базовых модулей СППР, в рамках данного исследования **разработано программное обеспечение** (ПО) для ЭВМ «RegEcoSafe», позволяющее получать аналитическую информацию об эколого-экономическом состоянии субъектов РФ, а также и конкретных организаций в наглядной форме, на основании информации, хранящейся в базе данных «Экостат». ПО «RegEcoSafe» является основой разрабатываемой СППР, так как **организовывает взаимодействие** базовых модулей СППР и реализует экономико-математическую модель оценки эколого-экономического состояния субъектов РФ.

ПО «RegEcoSafe» состоит из следующих **структурных модулей**:

- модуль подключения к БД «Экостат»;
- модуль справочной информации;
- модуль статистических данных;
- модуль отчетов;
- модуль расчета интегрального показателя.

Рассмотрим каждый из вышеперечисленных модулей более подробно.

1) Модуль подключения к БД «Экостат».

Подключение к облачной БД «Экостат» организуется посредством запроса идентификационных данных: логин и пароль (Рис. 3.10).

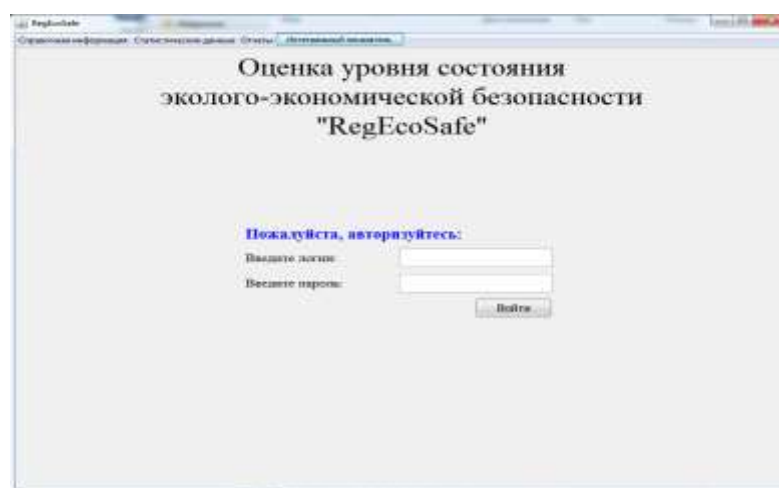


Рисунок 3.10 – Запрос авторизации для доступа к данным БД «Экостат»

Источник: составлено автором

В разработанной программе, **менеджер подключений реализован на языке Java и по результатам ввода запрашиваемых** данных, пользователь получает доступ к БД «Экостат» через интерфейс ПО «RegEcoSafe». Схема организации подключения выглядит следующим образом (Рис. 3.11):

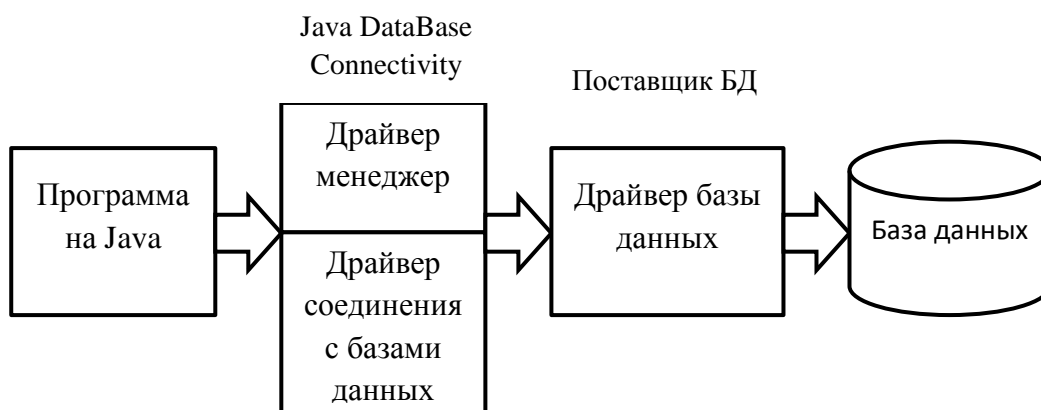


Рисунок 3.11 – Блок-схема организации подключения к БД «Экостат» посредством интерфейса ПО «RegEcoSafe»

*Источник: составлено автором*

## 2) Модуль справочной информации.

Модуль содержит справочную информацию, которая может являться сопровождающей в процессе принятия решений. Справочная информация фактически содержится в БД «Экостат», при этом ПО «RegEcoSafe» представляет ее посредством собственного интерфейса (Рис. 3.12).

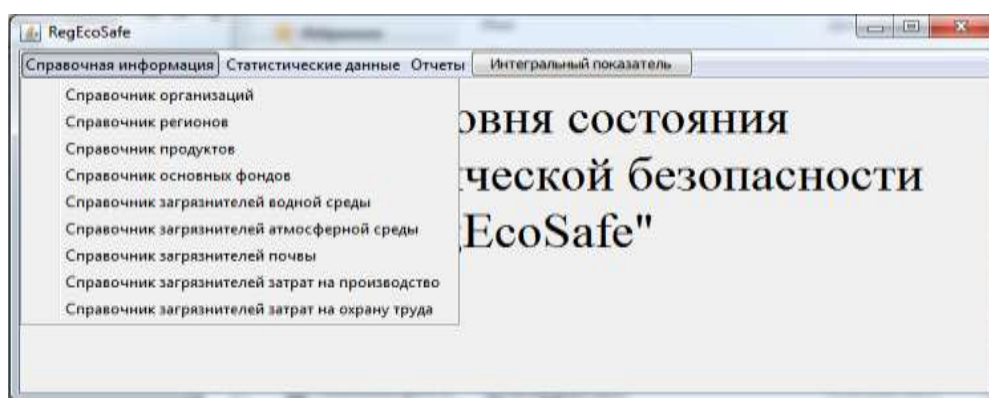


Рисунок 3.12 – Графический интерфейс справочного модуля

*(Источник: составлено автором в ходе исследования)*

Программа позволяет получить доступ к следующим справочникам:

- справочник регионов;

- справочник организаций;
- справочник продуктов;
- справочник основных фондов;
- справочник загрязнителей водной среды;
- справочник загрязнителей атмосферы;
- справочник загрязнителей почвенной среды;
- справочник затрат на производство;
- справочник затрат на охрану окружающей среды.

Для примера рассмотрим справочник организаций (Рис. 3.13).

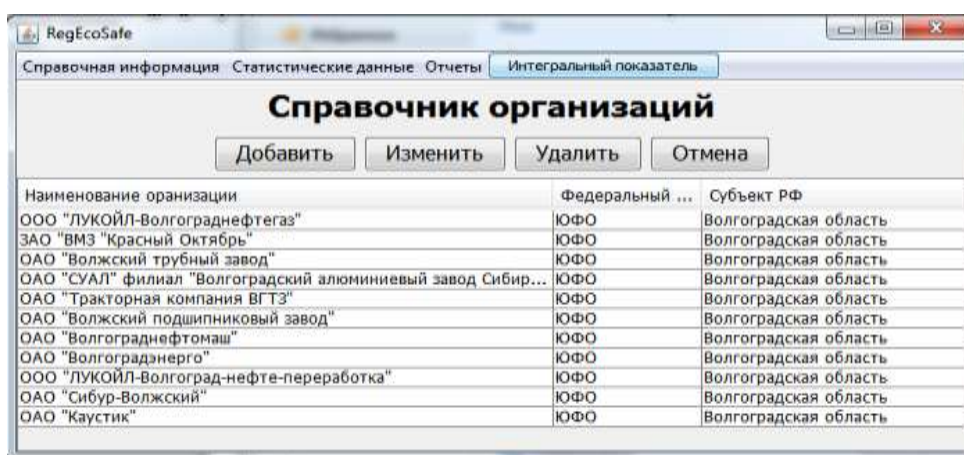


Рисунок 3.13 – Пример реализации справочника организаций в ПО «RegEcoSafe»

Источник: составлено автором

Функциональные возможности разработанной программы позволяют выполнять полный операционный набор обработки данных в справочниках, т.е. вносить изменения в БД «Экостат». Пользователь программы имеет возможность добавлять данные в справочники, изменять их и удалять.

### 3) Модуль статистических данных.

ПО «RegEcoSafe» отображает статистические данные, хранящиеся в БД «Экостат». В меню программы данный модуль структурирован следующим образом:

#### 1. Экология:

- 1.1 Загрязнение атмосферы,
- 1.2 Загрязнение водной среды,
- 1.3 Отходы,
- 1.4 Экологические нарушения

## 2. Экономика:

- 2.1 Охрана атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата,
- 2.2 Сбор и очистка сточных вод,
- 2.3 Обращение с отходами,
- 2.4 Защита и реабилитация земель, поверхностных и подземных вод.
- 2.5 Сохранение биоразнообразия и охрана природных территорий.

Функциональные возможности программы позволяют загружать статистические данные из внешних источников по заранее определенному шаблону. Также в программе реализована возможность сортировки данных по каждой из рассматриваемых характеристик. Пример реализации отображения статистических данных в программе приведен на рисунке 3.14.



The screenshot shows a window titled 'RegEcoSafe' with a menu bar containing 'Справочная информация', 'Статистические данные', 'Отчеты', and 'Интегральный показатель'. The main content area is titled 'Сбор и очистка сточных вод' and contains a table with the following data:

Федеральный округ	Субъект РФ	Затраты на сбор и очистку сточных вод, млн
ЦФО	Белгородская область	1093,8
ЦФО	Брянская область	68
ЦФО	Владимирская область	154,5
ЦФО	Воронежская область	693,2
ЦФО	Ивановская область	36
ЦФО	Калужская область	378,9
ЦФО	Костромская область	72,4
ЦФО	Курская область	95,1
ЦФО	Липецкая область	643,8
ЦФО	Московская область	1056,1
ЦФО	Орловская область	55,5
ЦФО	Рязанская область	554,4
ЦФО	Смоленская область	56,5
ЦФО	Тамбовская область	122,7
ЦФО	Тверская область	207,3
ЦФО	Тульская область	506
ЦФО	Ярославская область	911,2
ЦФО	г. Москва	513,5

Рисунок 3.14 – Отображение статистика затрат на сбор и очистку сточных вод субъектов ЦФО РФ  
 Источник: составлено автором



## 4) Модуль отчетов.

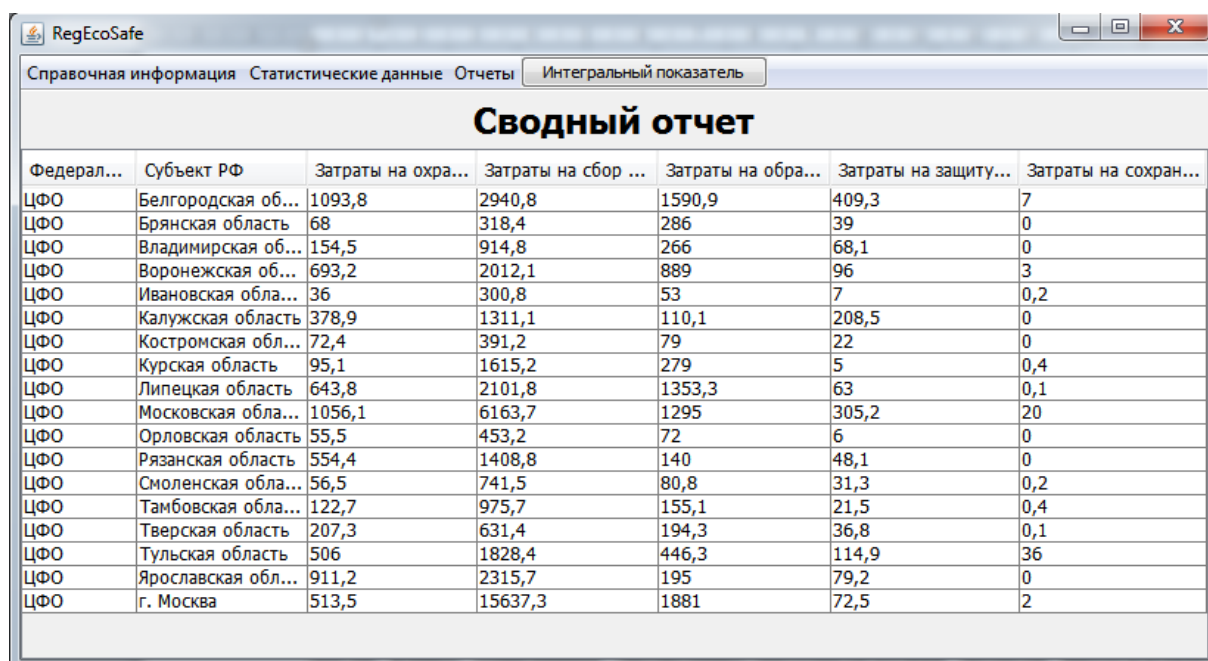
Реализованный в ПО модуль отчетов позволяет получать аналитическую информацию на основании информационного наполнения модулей справочных и статистических данных. В программе возможно получить ряд стандартных отчетов, таких как:

- динамика объемов выбросов вредных веществ в атмосферу;
- динамика объемов сброса загрязненных вод;
- динамика объемов производственных отходов;
- динамика зарегистрированных экологических нарушений;
- динамика затрат на предупреждение природоохранные мероприятия по видам.

по видам.

Вышеперечисленные данные могут быть получены в различных временных периодах, по каждому из субъектов РФ.

Кроме того, функционал программы предусматривает возможность формирования сводных отчетов по заданным пользователем параметрам (Рис. 3.15).



Федерал...	Субъект РФ	Затраты на охра...	Затраты на сбор ...	Затраты на обра...	Затраты на защиту...	Затраты на сохран...
ЦФО	Белгородская об...	1093,8	2940,8	1590,9	409,3	7
ЦФО	Брянская область	68	318,4	286	39	0
ЦФО	Владимирская об...	154,5	914,8	266	68,1	0
ЦФО	Воронежская об...	693,2	2012,1	889	96	3
ЦФО	Ивановская обла...	36	300,8	53	7	0,2
ЦФО	Калужская область	378,9	1311,1	110,1	208,5	0
ЦФО	Костромская обл...	72,4	391,2	79	22	0
ЦФО	Курская область	95,1	1615,2	279	5	0,4
ЦФО	Липецкая область	643,8	2101,8	1353,3	63	0,1
ЦФО	Московская обла...	1056,1	6163,7	1295	305,2	20
ЦФО	Орловская область	55,5	453,2	72	6	0
ЦФО	Рязанская область	554,4	1408,8	140	48,1	0
ЦФО	Смоленская обла...	56,5	741,5	80,8	31,3	0,2
ЦФО	Тамбовская обла...	122,7	975,7	155,1	21,5	0,4
ЦФО	Тверская область	207,3	631,4	194,3	36,8	0,1
ЦФО	Тульская область	506	1828,4	446,3	114,9	36
ЦФО	Ярославская обл...	911,2	2315,7	195	79,2	0
ЦФО	г. Москва	513,5	15637,3	1881	72,5	2

Рисунок 3.15 – Сводный отчет по статистическим экономическим данным по субъектам ЦФО РФ

Источник: составлено автором

Также сводный отчет может быть представлен в графическом виде, что позволяет более наглядно наблюдать различные эколого-экономические процессы протекающие в различных регионах РФ, а также и в конкретном предприятии. Так, например, программа позволяет проанализировать данные по динамике затрат на природоохранные мероприятия в ОАО «Каустик». Возможно сведение в отчет совершенно различных показателей, для примера, рассмотрим динамику текущих затрат на природоохранные мероприятия, капитальный ремонт и оплату природоохранных услуг в ОАО «Каустик» за период 2009-2014 гг. (Рис. 3.16).



Рисунок 3.16 – Сводный отчет по затратам на природоохранные мероприятия в ОАО «Каустик» в период в 2009-2014 гг.

Источник: составлено автором

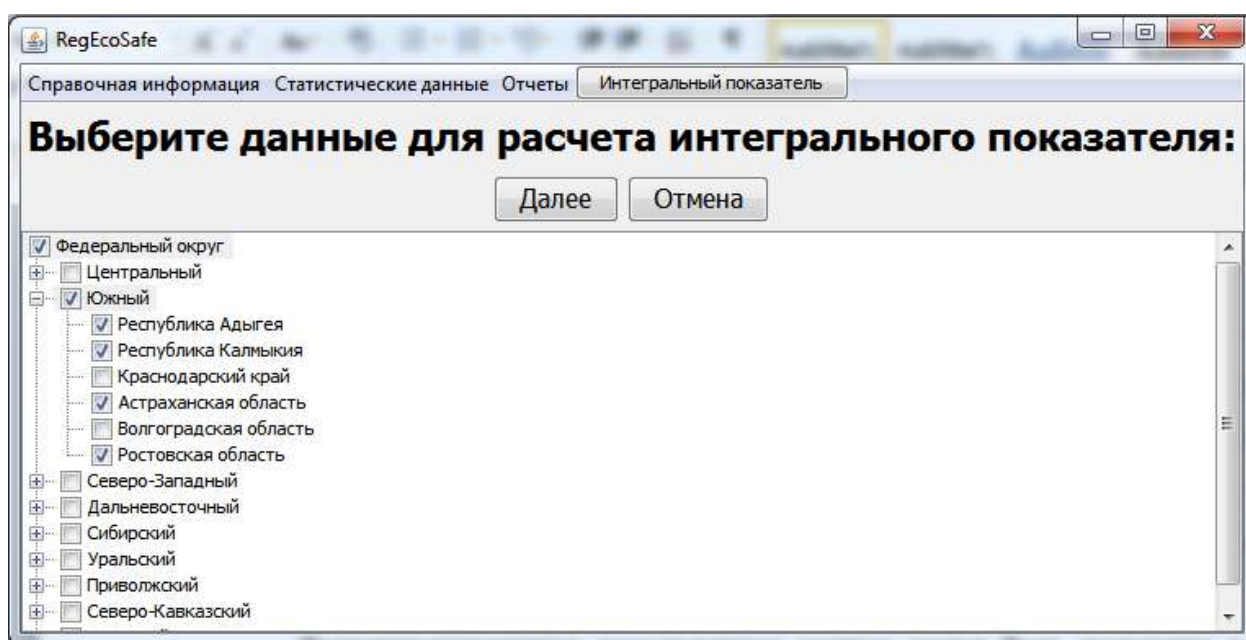


Данный модуль является одним из базовых при анализе уровня эколого-экономической безопасности, т.к. функционал программы позволяет получить исчерпывающие аналитические данные в удобной для пользователя форме.

#### 4) Модуль расчета интегрального показателя.

В основу данного модуля легла ранее описанная экономико-математическая модель интегральной оценки уровня эколого-экономической безопасности с применением комплексной функции. Реализация данной модели в программе позволяет получать обобщенную оценку эколого-экономического состояния субъекта РФ и произвести классификацию субъектов по полученной интегральной оценке.

Для расчета интегрального показателя может быть выбран широкий спектр условий, например, перечень субъектов РФ (Рис. 3.17).

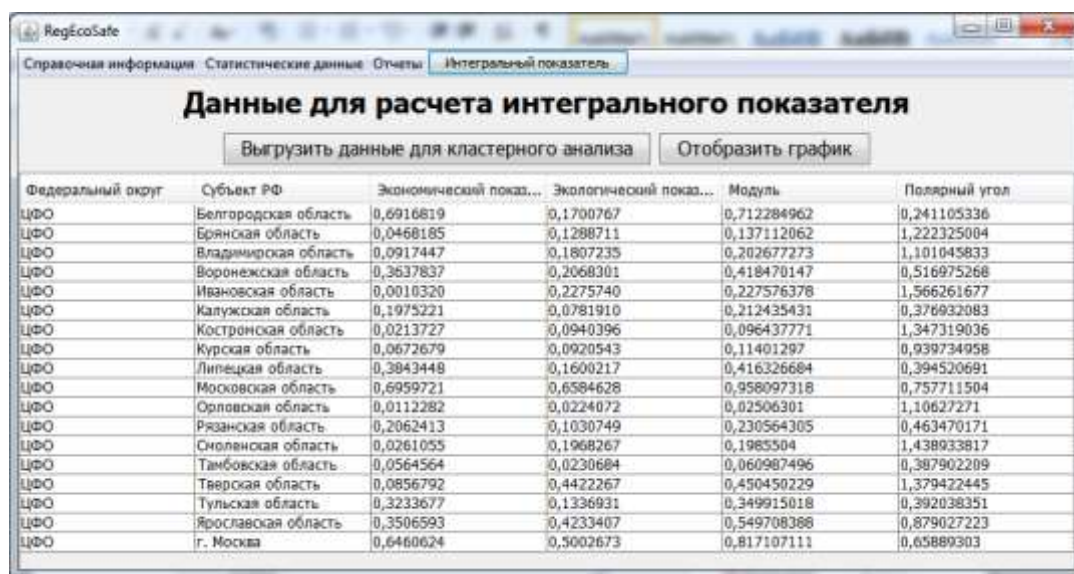


*Рисунок 3.17 – Этап выбора субъекта РФ для расчета интегрального показателя*

*Источник: составлено автором*

Реализованный функционал ПО, позволяет получить лицу принимающему решение достаточный объем информации для разработки стратегии по регуляции уровня эколого-экономической безопасности. Для

примера рассмотрим данные интегрального показателя субъектов ЦФО РФ в 2014г. (Рис. 3.18).



Федеральный округ	Субъект РФ	Экономический показ...	Экологический показ...	Модуль	Полярный угол
ЦФО	Белгородская область	0,6916819	0,1700767	0,712284962	0,241105336
ЦФО	Брянская область	0,0468185	0,1288711	0,137112062	1,222325004
ЦФО	Владимирская область	0,0917447	0,1807235	0,202677273	1,101045833
ЦФО	Воронежская область	0,3637837	0,2068301	0,418470147	0,516975268
ЦФО	Ивановская область	0,0010320	0,2275740	0,227576378	1,566261677
ЦФО	Калужская область	0,1975221	0,0781910	0,212435431	0,376932083
ЦФО	Костромская область	0,0213727	0,0940396	0,096437771	1,347319036
ЦФО	Курская область	0,0672679	0,0920543	0,11401297	0,939734958
ЦФО	Липецкая область	0,3843448	0,1600217	0,416326684	0,394520691
ЦФО	Московская область	0,6959721	0,6584628	0,958097318	0,757711504
ЦФО	Орловская область	0,0112282	0,0224072	0,02506301	1,10627271
ЦФО	Рязанская область	0,2062413	0,1030749	0,230564305	0,463470171
ЦФО	Смоленская область	0,0261055	0,1968267	0,1985504	1,438933817
ЦФО	Тамбовская область	0,0564564	0,0230684	0,060987496	0,387902209
ЦФО	Тверская область	0,0856792	0,4422267	0,450450229	1,379422445
ЦФО	Тульская область	0,3233677	0,1336931	0,349915018	0,392038351
ЦФО	Ярославская область	0,3506593	0,4233407	0,549708388	0,879027223
ЦФО	г. Москва	0,6460624	0,5002673	0,817107111	0,65889303

Рисунок 3.18 - Данные для построения интегрального показателя субъектов ЦФО РФ

Источник: составлено автором

В разработанном ПО «RegEcoSafe» реализован удобный графический программный интерфейс (Рис. 3.19), позволяющий повысить качество принимаемых управленческих решений.

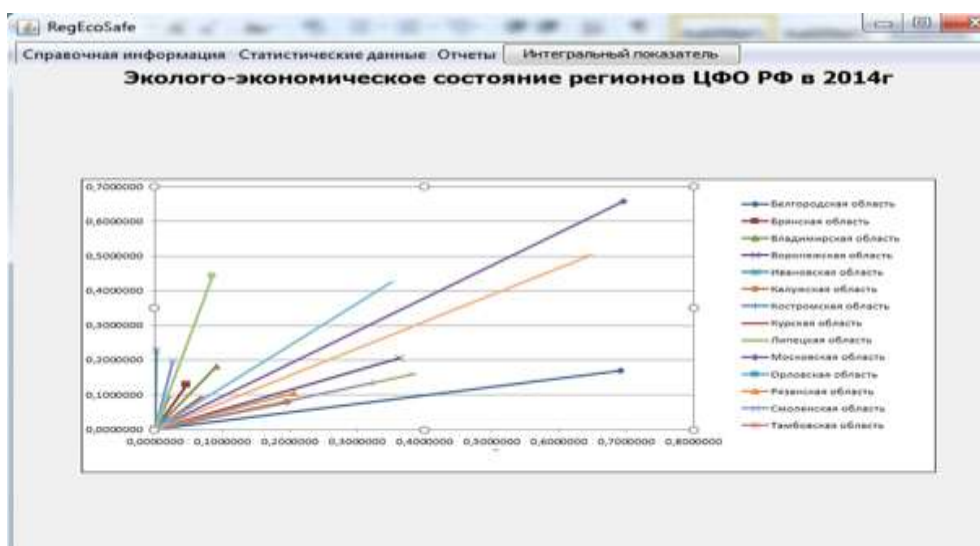


Рисунок 3.19 – Визуализация интегрального показателя состояния субъектов ЦФО РФ в 2014 г. в графической форме

Источник: составлено автором

Представленная программная разработка может быть использована в составе специализированной СППР в области эколого-экономического менеджмента. ПО «RegEcoSafe» обеспечивает все базовые модули СППР от сбора данных, организации взаимодействия с облачным хранилищем данных и до реализации экономико-математической модели оценки эколого-экономического состояния. Таким образом, справочные, статистические и результатные данные ПО «RegEcoSafe» обеспечивают лицо принимающее решение, полным спектром информации для максимально эффективного эколого-экономического менеджмента.

### **3.3 Разработка программного интерфейса системы поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента с учетом согласованности мнений экспертов**

Согласно Дональду Норману [148], - основателю одной из крупных и ведущих компаний в области дизайна, процесс совместного взаимодействия конечного пользователя с любой системой осуществляется через ее интерфейс и включает следующие этапы:

- постановка цели;
- определение процессов взаимосвязи пользователя с системой;
- назначение алгоритма действий;
- реализация процесса взаимодействия;
- эмоциональное восприятие работы системы;
- интерпретация процесса действий;
- оценка результата.

Таким образом, практически все этапы взаимодействия включают в себя процесс размышления и раздумываний, который занимает весьма достаточное время.

Анализируя множество существующих методик по описанию различных требований к пользовательским интерфейсам, можно обобщить

тот факт, что пользователь **управляет системой, осуществляя различные этапы ее использования.**

На разных этапах взаимодействия проявляются **абсолютно различные свойства интерфейса.** Что касается качества интерфейса, то, как правило, его оценивают по количественным и качественным критериям. **К количественным критериям** относятся такие как: минимальное время достижения результата (быстродействие), минимальное количество операций, совершенных пользователем для результата, расхождение между планируемым и фактом в результате взаимодействия с системой.

Для определения наиболее важных показателей (количественных и качественных) при работе с интерфейсом системы поддержки принятия решений применительно к сфере эколого-экономического менеджмента был использован метод групповых экспертных оценок. Показатели, выступающие в качестве факторов, представлены в таблице 3.1.

**Таблица 3.1 - Показатели при работе с интерфейсом**

<b>№ п/п</b>	<b>Показатель</b>
1	функциональная полнота
2	быстродействие
3	простота настройки на предметную среду
4	качество организации взаимодействия с облачным хранилищем данных
5	интерактивный выбор меню
6	качество помощи
7	трудоемкость освоения
8	юзабилити (удобство)
9	возможность перенастройки на новые условия применения
10	применение цветовой палитры
11	динамические визуальные сигналы
12	оптимальность расположения элементов управления
13	интерактивная подсказка на экране
14	указание актуальных клавиш и их назначение
15	эргономичный графический дизайн
16	возможность в любой момент отказаться от выбранных вариантов
17	возврат в предыдущий пункт диалога
18	удобная навигация действий
19	контроль вероятных ошибок
20	эмоциональное удовлетворение пользователя от взаимодействия с системой

*Источник: составлено автором*

**Экспертами** выступили аналитики, программисты, пользователи и сетевые администраторы, опыт работы которых от трех и более лет в данной

области. Экспертная оценка проводилась с использованием процедуры Дельфи. Показатели качества работы с интерфейсом ранжировались в соответствии с их важностью для данной области. Полученная от экспертов матрица модифицировалась в каноническую форму с различными пороговыми значениями. Затем, по преобразованным матрицам были построены графы согласованности мнений экспертов. Опрос проводился в три тура.

**Анализ** сводной анкеты выполнялся по методам согласования и рассогласования мнений группы экспертов. С первого тура опроса уже наблюдалась достаточно высокая согласованность во мнениях экспертов. Сводная анкета после третьего тура приведена в таблице 3.2.

**Таблица 3.2 - Сводная анкета мнений группы после третьего тура**

Эксперты/ Показатели	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Сумма
1	20	18	18	17	19	17	20	18	18	20	185
2	19	20	20	20	20	19	19	17	20	19	193
3	15	14	17	18	18	18	15	15	15	15	160
4	16	15	19	15	17	16	17	16	16	18	165
5	8	6	8	4	5	8	8	7	7	8	69
6	17	17	16	19	16	15	16	19	19	16	170
7	13	12	12	14	14	13	13	14	14	12	131
8	18	19	15	16	15	20	18	20	17	17	175
9	2	1	1	5	2	1	1	2	1	2	18
10	3	5	4	2	4	3	2	4	3	4	34
11	11	10	13	12	11	11	14	13	12	13	120
12	14	16	14	13	13	14	12	12	13	14	135
13	9	11	11	10	12	10	10	11	10	10	104
14	1	2	2	3	1	2	3	1	2	1	18
15	7	8	7	9	10	7	7	9	8	7	79
16	10	9	9	8	7	9	9	8	9	9	87
17	6	7	6	7	8	6	6	5	5	6	62
18	12	13	10	11	9	12	11	10	11	11	110
19	5	3	3	1	3	4	5	6	6	5	41
20	4	4	5	6	6	5	4	3	4	3	44

*Источник: составлено автором*

Степень согласования мнений экспертов определялась с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum t_j^2}{n^3 - n}, \quad (3.1)$$

где  $t_j$  – разность между рангами факторов;

$n$  – число факторов.

Коэффициента ранговой корреляции Спирмена находится в пределах:

$$-1 \leq \rho \leq 1$$

Вычисленные коэффициенты сводятся в результирующую матрицу. Матрица коэффициентов ранговой корреляции  $\rho_{ij}$  показывает уровень тесноты связи между  $i$  и  $j$  экспертами. Такая матрица является квадратной, размерности, равной количеству экспертов, она имеет симметрию относительно диагонали, состоящей из единиц, поскольку степень согласованности эксперта с самим собой всегда максимальна. Матрица коэффициентов ранговой корреляции Спирмена, показывающая тесноту связей между мнениями экспертов, представлена в таблице 3.3.

**Таблица 3.3 - Матрица коэффициентов ранговой корреляции Спирмена**

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
А	1	0,995	0,962	0,931	0,848	0,976	0,982	0,965	0,983	0,988
Б	0,995	1	0,991	0,931	0,815	0,967	0,947	0,944	0,962	0,961
В	0,962	0,991	1	0,989	0,875	0,962	0,970	0,935	0,964	0,980
Г	0,931	0,931	0,989	1	0,981	0,934	0,925	0,922	0,944	0,919
Д	0,848	0,815	0,875	0,981	1	0,990	0,878	0,869	0,872	0,856
Е	0,976	0,967	0,962	0,934	0,990	1	0,995	0,953	0,964	0,965
Ж	0,982	0,947	0,970	0,925	0,878	0,995	1	0,994	0,979	0,986
З	0,965	0,944	0,935	0,922	0,869	0,953	0,994	1	0,996	0,964
И	0,983	0,962	0,964	0,944	0,872	0,964	0,996	0,996	1	0,996
К	0,988	0,961	0,980	0,919	0,856	0,965	0,986	0,964	0,996	1

*Источник: составлено автором*

Матрица  $\rho$  преобразовывается в матрицу  $\rho^0$  по следующему принципу:

$$\rho^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } \rho \geq \varepsilon_\rho, \\ 0, & \text{если } \rho < \varepsilon_\rho \end{cases} \quad (3.2)$$

где  $\varepsilon_\rho$  - пороговое значения для матрицы коэффициентов ранговой корреляции. Пороговое значение определено как  $\varepsilon_\rho = 0,98$ .

Значения матрицы  $\rho^0$  представлены в таблице 3.4.

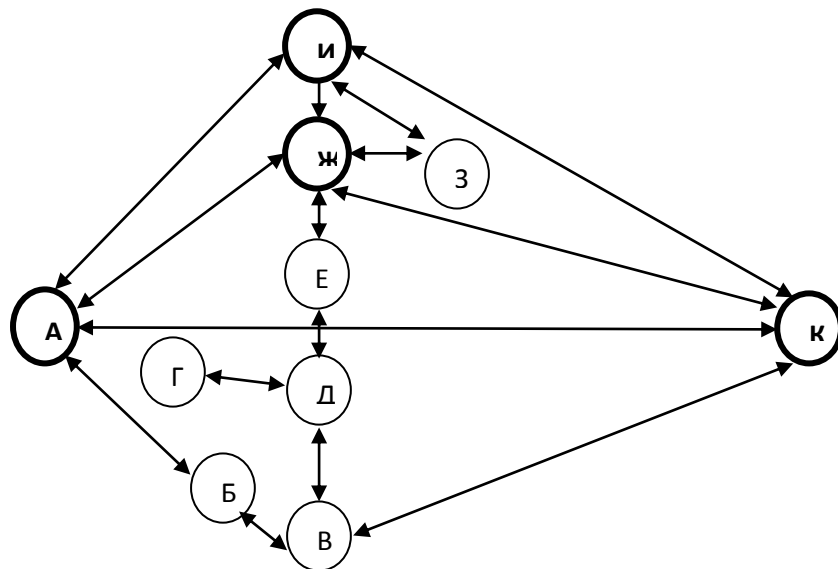
**Таблица 3.4 - Значения коэффициентов преобразованной матрицы**

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
А	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
Б	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
В	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Г	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Д	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Е	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Ж	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0
З	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
И	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
К	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1

*Источник: составлено автором*

По матрице  $\rho^0$  строится граф согласованности мнений экспертов. На основе графа делается вывод.

Граф согласованности мнений экспертов представлен на рисунке 3.20.



*Рисунок 3.20 - Граф согласований мнений экспертов*

*Источник: построено автором*

Таким образом, по графику видно, что согласованной группой экспертов является - АЖИК.

Для метода рассогласования каждое ранжирование было представлено в виде матрицы упорядочения в канонической форме. Затем были рассчитаны меры близости (расстояния) Кемени между всеми ранжированиями по формуле:

$$d_{A,B} = 0,5 \times \sum \sum |A_{ij} - B_{ij}|, \quad (3.3)$$

где  $A_{ij}$ ,  $B_{ij}$  – матрицы упорядочения в канонической форме для экспертов А и В соответственно, которые получаются по следующему принципу:

$$A_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i \text{ предпочтительнее } j, \\ -1, & \text{если } j \text{ предпочтительнее } i, \\ 0, & \text{если } i = j \end{cases} \quad (3.4)$$

Матрица упорядочения в канонической форме для эксперта А приведена в таблице 3.5.

**Таблица 3.5 - Матрица упорядочения для эксперта А**

А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	1	1	0	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
4	1	1	-1	0	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
5	1	1	1	1	0	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1
6	1	1	-1	-1	-1	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
7	1	1	1	1	-1	1	0	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
8	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1
12	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
13	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	0	-1	-1	1	-1	1	-1	-1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	0	1	-1	1	-1	-1
16	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	0	-1	1	-1	-1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	0	1	-1	-1
18	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	1	0	-1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	0

*Источник: составлено автором*



Заполненная матрица рассогласования приведена в таблице 3.6.

**Таблица 3.6- Матрица рассогласования**

$d$	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Величина рассогласования
А	0	25	28	38	54	20	16	28	18	12	239
Б	25	0	33	39	55	25	33	39	27	31	307
В	28	33	0	38	42	24	24	40	26	20	275
Г	38	39	38	0	48	38	38	38	28	42	347
Д	54	55	42	48	0	50	58	62	52	54	475
Е	20	25	24	38	50	0	24	36	26	24	267
Ж	16	33	24	38	58	24	0	36	26	24	279
З	28	39	40	38	62	36	36	0	18	28	325
И	18	27	26	28	52	26	26	18	0	22	243
К	12	31	20	42	54	24	24	28	22	0	257
Общая величина рассогласования											3014

*Источник: составлено автором*

Матрица рассогласования является квадратной матрицей, размерности равной количеству экспертов, она симметрична относительно диагонали, состоящей из нулей, поскольку степень рассогласованности эксперта с самим собой всегда минимальна. Сумма элементов по каждой строке матрицы – величина рассогласования соответствующего эксперта со всеми остальными. Сумма величин рассогласования всех экспертов – общая величина рассогласования. Ее стабилизация сигнализирует о возможности завершения экспертизы.

Матрица  $d$  преобразовывается в матрицу  $d^0$  по следующему принципу:

$$d^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } d \leq \varepsilon_d, \\ 0, & \text{если } d > \varepsilon_d, \end{cases} \quad (3.5)$$

где  $\varepsilon_d$  - пороговое значения для матрицы рассогласования. Пороговое значение определено как  $\varepsilon_d = 40$ .

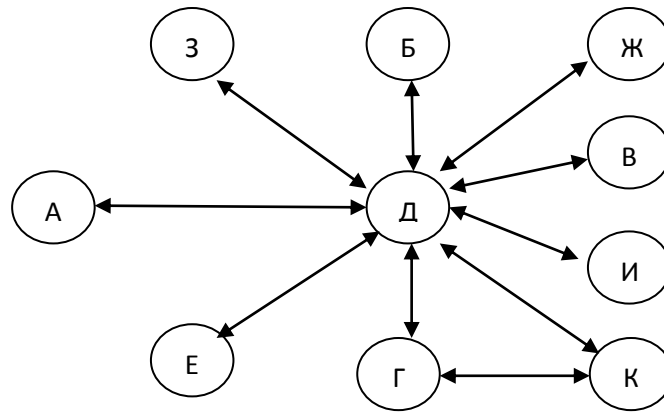
Результаты матрицы  $d^0$  представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Результаты матрицы  $d^0$ 

$d^0$	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
А	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Б	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
В	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
Г	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
Д	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Е	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Ж	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
З	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
И	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
К	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0

*Источник: составлено автором*

В результате, по уже полученным матрицам были построены графы рассогласований мнений экспертов. Пример графа приведен на рисунке 3.21.



*Рисунок 3.21 - Граф рассогласований мнений экспертов*

*Источник: составлено автором*

Из графа видно, что ответы большинства экспертов образуют однородную группу.

В результате экспертного опроса был получен ранжированный перечень основных показателей качества универсального интерфейса в сфере обеспечения эколого-экономической безопасности (Табл. 3.8).

**Таблица 3.8 – Ранжированный перечень показателей интерфейса ПО**

Ранг	Наименование показателя
1	функциональная полнота
2	быстродействие
3	юзабилити (удобство)
4	качество поддержки
5	качество организации взаимодействия с облачным хранилищем данных
6	простота настройки на предметную среду
7	оптимальность расположения элементов управления
8	трудоемкость освоения
9	динамические визуальные сигналы
10	удобная навигация действий
11	интерактивная подсказка на экране
12	возможность в любой момент отказаться от выбранных вариантов
13	интерактивный выбор меню
14	эргономичный графический дизайн
15	возврат в предыдущий пункт диалога
16	контроль вероятных ошибок
17	эмоциональное удовлетворение пользователя от взаимодействия с системой
18	применение цветовой палитры
19	возможность перенастройки на новые условия применения
20	указание актуальных клавиш и их назначение

*Источник: составлено автором*

В результате анализа исходной информации и изучения нормативных характеристик и требований, выделены основные функционально-содержательные операции, которые являются важными для работы в сфере эколого-экономического менеджмента. Ранжирование показателей интерфейса позволило более обоснованно подойти к вопросу проектирования интерфейса СППР. Система поддержки принятия решений, разработанная с учетом указанных результатов исследования, позволит добиться повышения уровня эколого-экономического менеджмента за счет улучшения качества предоставляемых информационных услуг.

### 3.4 Оценка эффективности природоохранных мероприятий с использованием системы поддержки принятия решений

Для любого региона важным и актуальным вопросом является дальнейшее направление и развитие своих территорий и их эколого-экономического состояния. Это возможно, если своевременно проводить мониторинг эколого-экономического состояния региона и своевременно принимать адекватные и правильные решения для поддержки и управления развития регионов.

Разработанная система поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента позволяет проводить оценивание эколого-экономического состояния регионов, выявлять и отслеживать различные причины отставания в динамике и развитии, а также помогает в выработке дальнейших рекомендаций по корректировке уровня развития региона.

Разработанная система **поддержки решений** **имеет** следующие преимущества:

1) Выходные документы автоматизированной системы оперативно, по запросу, обеспечивают управляющие и контролирующие органы необходимой информацией для принятия решений по корректировке и совершенствованию повышения уровня эколого-экономического состояния региона.

2) Система позволяет анализировать **суммарную стоимость текущих** затрат на охрану окружающей среды.

3) Система предоставляет возможность **отслеживать объемы** выбросов загрязняющих веществ, как в атмосферу, так и относительно водных пространств, а также, почв.

4) Программа наглядно, с помощью графических диаграмм и отчетов, демонстрирует **слабые места и зоны** в области экологического менеджмента региона.

5) Система позволяет существенно **сократить затраты** на получение, обработку и хранение информации, поскольку получить вручную такие данные очень трудоемко и практически невозможно.

6) Система позволяет свести к минимуму объем бумажных документов.

7) Система организует более эффективную работу с большими объемами данных, что влияет на повышение эффективности управления.

8) Система позволяет оптимизировать процессы в области эколого-экономического менеджмента, предоставляя в подсчете комплексной оценки эколого-экономического состояния региона возможность выбора различных методов расчета, в частности аддитивный метод.

9) Система предоставляет широкие возможности защиты данных.

10) Разработанная система обладает универсальностью относительно взаимодействия с другими интегрированными пакетами, в частности успешно осуществляется **экспорт результатных данных** в приложения электронных таблиц, что в дальнейшем позволяет гибко структурировать отчеты.

11) Структура базы данных в системе поддержки принятия решений позволяет запрашивать и получать информацию по экологической и экономической составляющим региона в различных разрезах, а именно:

- выбор объема затрат относительно воздушного пространства;
- выбор объема затрат относительно водных ресурсов;
- выбор объема затрат почвенного пространства;
- выбор объема затрат на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод;
- выбор валового выброса загрязняющих веществ относительно различных природных сред в количественном выражении;
- выбор допустимых концентраций загрязняющих веществ относительно различных сред;
- выбор количества превышений ПДВ относительно различных сред.

Развитие и поддержка должного уровня эколого-экономического состояния региона в современных условиях становится ведущим вектором направления для многих регионов.

Для оценки эффективности природоохранных мероприятий с использованием системы поддержки принятия решений рассмотрены результатные данные по Центральному федеральному округу за 5 лет с 2010 года.

**Таблица 3.9 - Сводный комплексный показатель эколого-экономического состояния по ЦФО**

Регионы	2010		2011		2012		2013		2014	
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>	V <sub>7</sub>	V <sub>8</sub>	V <sub>9</sub>	V <sub>10</sub>
Белгородская область	0,190	0,172	0,408	0,174	0,645	0,162	0,639	0,166	0,692	0,170
Брянская область	0,001	0,052	0,015	0,056	0,033	0,058	0,031	0,095	0,047	0,129
Владимирская область	0,040	0,131	0,046	0,109	0,088	0,135	0,119	0,146	0,092	0,181
Воронежская область	0,117	0,193	0,136	0,159	0,312	0,138	0,394	0,184	0,364	0,207
Ивановская область	0,011	0,119	0,024	0,143	0,025	0,130	0,002	0,210	0,001	0,228
Калужская область	0,010	0,054	0,008	0,041	0,077	0,054	0,177	0,063	0,198	0,078
Костромская область	0,005	0,074	0,001	0,101	0,006	0,089	0,011	0,096	0,021	0,094
Курская область	0,059	0,098	0,070	0,090	0,074	0,128	0,057	0,094	0,067	0,092
Липецкая область	0,543	0,157	0,480	0,147	0,343	0,142	0,471	0,152	0,384	0,160
Московская область	0,301	0,641	0,237	0,646	0,677	0,627	0,751	0,687	0,696	0,659
Орловская область	0,006	0,032	0,004	0,036	0,014	0,020	0,006	0,030	0,011	0,022
Рязанская область	0,048	0,095	0,070	0,105	0,144	0,090	0,281	0,123	0,206	0,103
Смоленская область	0,025	0,142	0,033	0,157	0,028	0,141	0,054	0,216	0,026	0,197
Тамбовская область	0,031	0,016	0,016	0,016	0,090	0,023	0,077	0,041	0,057	0,023
Тверская область	0,113	0,445	0,116	0,446	0,073	0,451	0,063	0,443	0,086	0,442
Тульская область	0,064	0,117	0,070	0,132	0,206	0,112	0,283	0,124	0,323	0,134
Ярославская область	0,181	0,215	0,254	0,278	0,413	0,322	0,288	0,403	0,351	0,423
г. Москва	0,518	0,456	0,491	0,480	0,650	0,469	0,612	0,485	0,646	0,500

*Источник: рассчитано автором*

В качестве исходных данных были выбраны статистические данные, упомянутые и рассмотренные выше, во второй главе данного исследования. На основании введенных данных, а также с использованием нескольких методов, предлагающих в контекстном меню пользователю, автоматизированная система поддержки принятия решений выдает сводный комплексный показатель эколого-экономического состояния субъектов

Центрального федерального округа на основании экономической ( $V_1, \dots, V_9$ ) и экологической ( $V_2, \dots, V_{10}$ ) составляющих интегрального показателя за 5 лет с 2010 года (Табл. 3.9).

Изменение индексов экономической и экологической составляющих по сравнению с предыдущим годом в процентном соотношении представлено в таблице 3.10.

На основании комплексного показателя исследована зависимость экономической и экологической составляющих с использованием методов корреляционного анализа. В качестве ведущих показателей со стороны экономической части был выбран показатель затрат на охрану атмосферного воздуха, а со стороны экологической части – показатель количества нарушений. Данный выбор показателей был осуществлен на основании статистических данных, показывающих, что наибольшее влияние относительно других показателей вносят именно данные показатели.

**Таблица 3.10 - Изменение индексов экономической и экологической составляющих по сравнению с предыдущим годом в процентном соотношении**

Регионы	2011		2012		2013		2014	
	эконом	эколог	эконом	эколог	эконом	эколог	эконом	эколог
Белгородская область	115,04	1,45	58,30	-6,79	-1,01	2,35	8,32	2,38
Брянская область	1526,31	8,62	125,59	3,72	-4,26	62,63	49,14	35,76
Владимирская область	12,80	-16,34	93,54	23,38	34,96	8,28	-22,89	23,84
Воронежская область	16,73	-17,77	129,09	-13,24	26,23	33,57	-7,57	12,47
Ивановская область	126,92	20,22	0,41	-8,74	-93,35	61,39	-36,64	8,16
Калужская область	-26,18	-24,95	909,28	33,16	129,97	15,23	11,32	24,84
Костромская область	-69,12	37,72	342,57	-12,09	67,27	7,38	103,62	-1,71
Курская область	19,39	-8,10	5,72	41,60	-23,69	-26,21	18,60	-2,46
Липецкая область	-11,58	-6,11	-28,40	-3,71	37,21	7,07	-18,43	5,46
Московская область	-21,42	0,79	186,24	-3,07	10,84	9,67	-7,31	-4,18
Орловская область	-23,86	10,71	217,01	-44,09	-53,11	50,72	77,10	-25,43
Рязанская область	45,90	11,16	106,37	-14,33	94,74	36,78	-26,51	-16,42
Смоленская область	34,81	10,40	-16,62	-9,96	94,73	52,50	-51,44	-8,72
Тамбовская область	-48,40	-2,58	470,15	46,39	-13,83	78,24	-26,91	-44,27
Тверская область	2,32	0,44	-37,09	1,08	-13,90	-1,80	36,64	-0,20
Тульская область	8,75	13,22	195,82	-14,90	37,58	10,24	14,37	7,87
Ярославская область	40,26	29,45	62,80	15,85	-30,24	25,18	21,61	5,14
г. Москва	-5,25	5,14	32,47	-2,16	-5,86	3,38	5,53	3,10

*Источник: рассчитано автором*



В работе исследована **корреляционная связь данных** показателей по ЦФО, учитывая, что в рассматриваемом случае, имеется обратная корреляционная связь. Рассмотрим алгоритм вычисления коэффициента корреляции, используя метод Пирсона (метод квадратов).

Для каждого вариационного ряда были определены средние значения  $(\bar{x}, \bar{y})$  и отклонения каждого числового значения от среднего значения своего ряда, затем использована формула расчета коэффициента корреляции:

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{([n \sum x^2 - \sum (\bar{x})^2][n \sum y^2 - \sum (\bar{y})^2])}}. \quad (3.6)$$

Ошибка коэффициента корреляции определяется по формуле:

$$m_{r_{xy}} = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n - 2}}, \quad (3.7)$$

где  $n$  – число парных вариантов.

Оценка достоверности коэффициента корреляции определяется по формуле:

$$t = \frac{r_{xy}}{m_{xy}}. \quad (3.8)$$

Критерий  $t$  оценивается по таблице значений с учетом числа степеней свободы, в частности  $n-2$ . Критерий  $t$  должен быть не меньше табличного критерия, соответствующего вероятности не меньше 99%.

Графическое представление получившегося коэффициента корреляции по областям представлено на рисунке 3.22



Рисунок 3.22 - Гистограмма коэффициента корреляции по регионам

Источник: рассчитано автором



На рисунках 3.23 – 3.26 представлено графическое представление коэффициента корреляции отдельно по каждому региону.

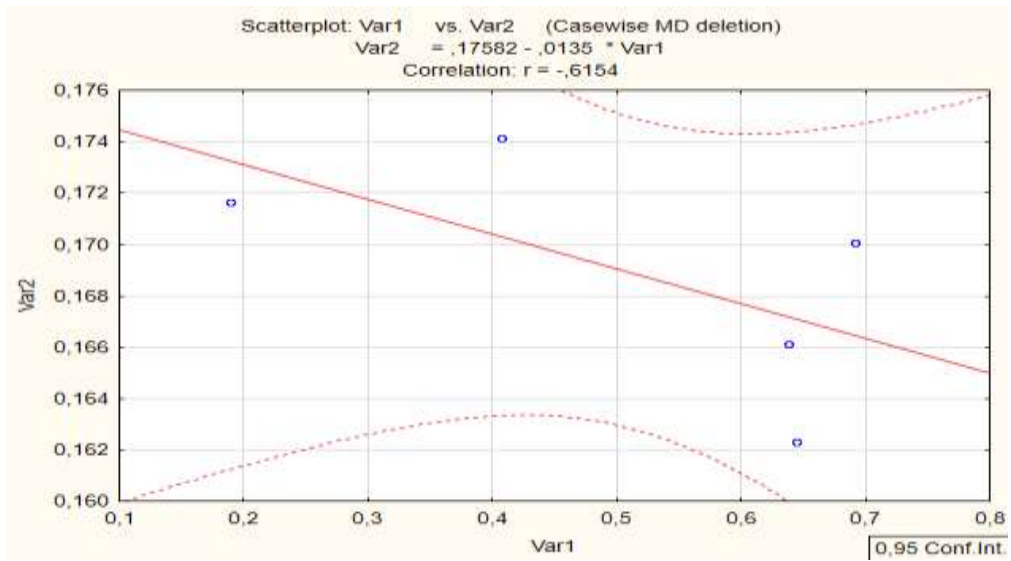


Рисунок 3.23 - графическое представление коэффициента корреляции -  
 Белгородская область

Источник: построено автором

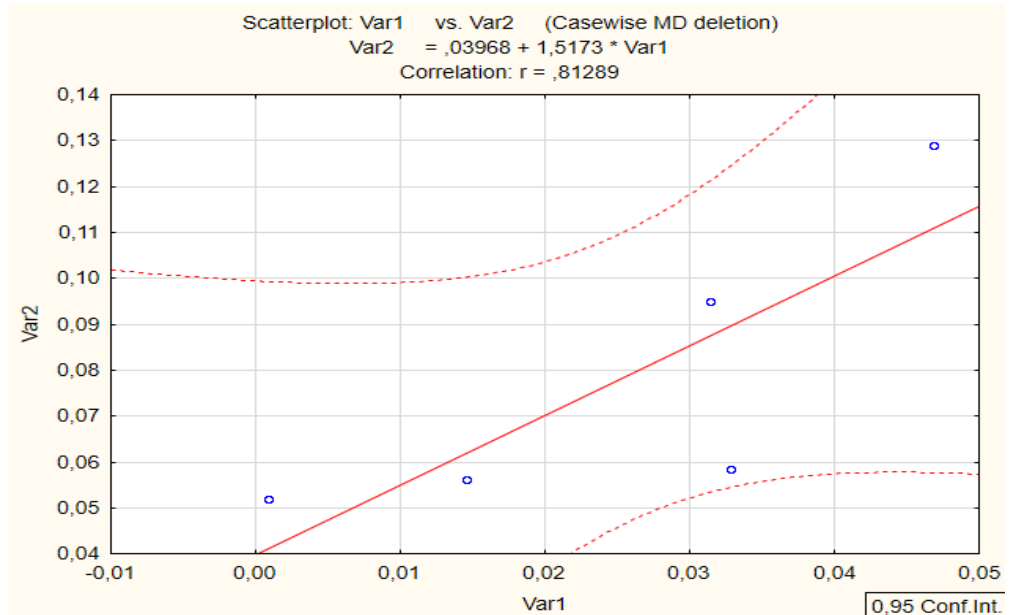
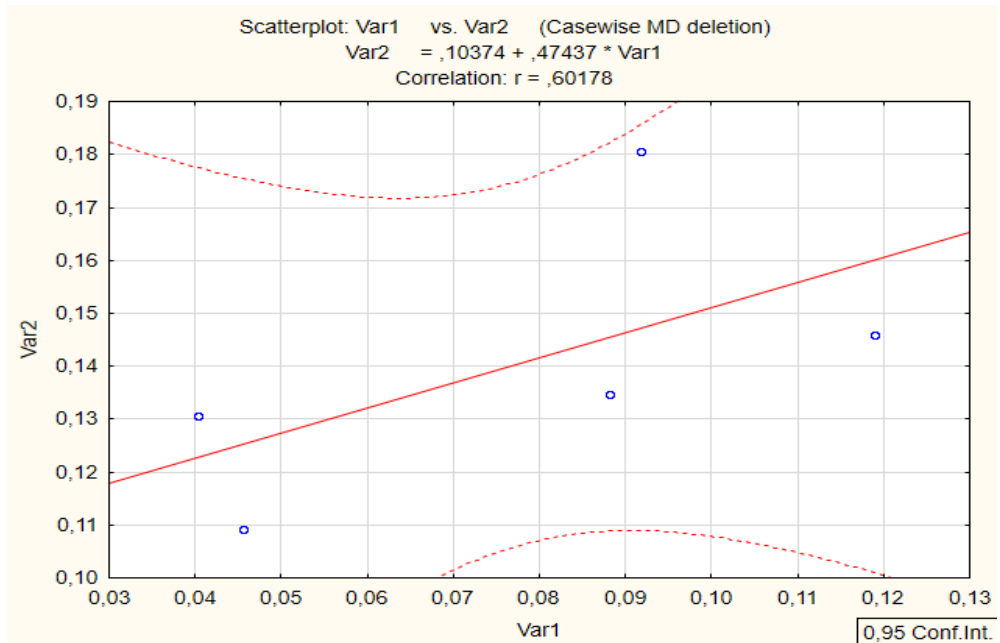
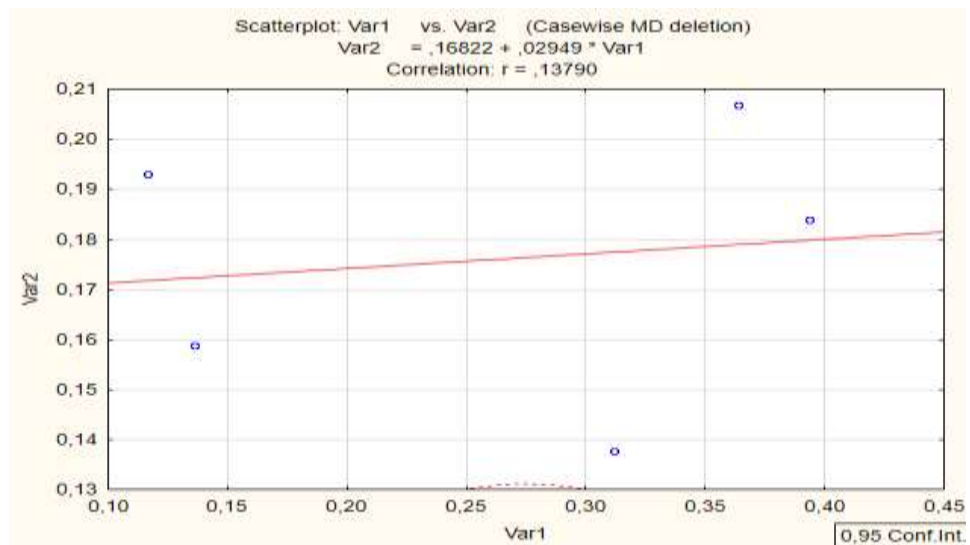


Рисунок 3.24 - Графическое представление коэффициента корреляции -  
 Брянская область

Источник: построено автором



*Рисунок 3.25 - Графическое представление коэффициента корреляции -  
 Владимирская область  
 Источник: построено автором*



*Рисунок 3.26 - Графическое представление коэффициента корреляции -  
 Воронежская область  
 Источник: построено автором*

Результатные данные по коэффициенту корреляции, его ошибки и оценки достоверности представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 - Результатные данные коэффициента корреляции

№ п/п	Регион	$r_{xy}$	$m_{rxy}$	$t$
1	Белгородская область	-0,62	0,064	3,58
2	Брянская область	0,81	0,048	16,973
3	Владимирская область	0,6	0,065	9,22
4	Воронежская область	0,14	0,081	1,74
5	Ивановская область	-0,79	0,05	-15,83
6	Калужская область	0,88	0,039	22,77
7	Костромская область	0,15	0,08	1,86
8	Курская область	0,53	0,069	7,68
9	Липецкая область	0,36	0,076	4,74
10	Московская область	0,41	0,41	5,52
11	Орловская область	-0,99	0,012	-86,23
12	Рязанская область	0,69	0,059	11,71
13	Смоленская область	0,71	0,057	12,39
14	Тамбовская область	0,68	0,06	11,4
15	Тверская область	-0,06	0,081	-0,74
16	Тульская область	0,24	0,079	3,04
17	Ярославская область	0,62	0,064	9,71
18	г. Москва	0,46	0,072	6,37

*Источник: рассчитано автором*

Оценка достоверности коэффициента корреляции получилась не меньше табличного критерия в 75% случаев. Таким образом, можно сделать вывод о достоверности применяемых методов и математического аппарата.

По итогам анализа значений коэффициента корреляции по 18 регионам результаты сгруппированы в 3 класса (Табл. 3.12):

1 - регионы, где коэффициент корреляции отображает сильную положительную связь, относятся к классу **низкой эффективности** природоохранных мероприятий;

2 - регионы, где коэффициент корреляции варьируется около нуля, относятся к классу средней эффективности природоохранных мероприятий;

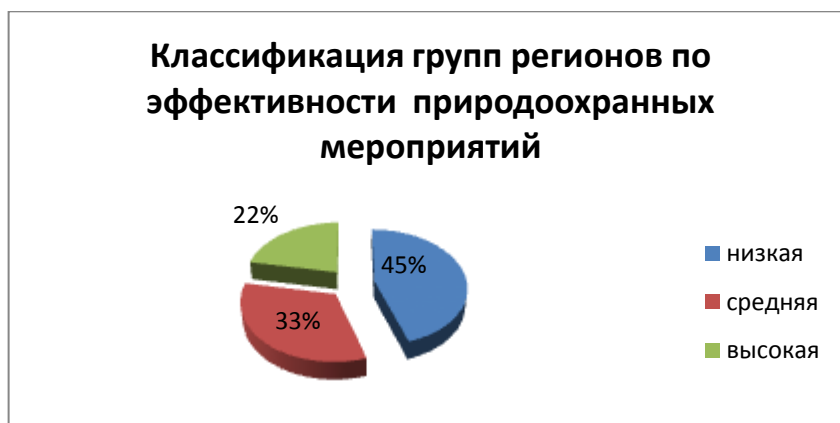
3 - регионы, где коэффициент корреляции отображает сильную отрицательную связь, относятся к классу высокой эффективности природоохранных мероприятий.

**Таблица 3.12 – Классы регионов по эффективности природоохранных мероприятий**

Класс	Регион	Доля регионов, %
1	Брянская область	45
	Владимирская область	
	Калужская область	
	Курская область	
	Московская область	
	Рязанская область	
	Смоленская область	
	Тамбовская область	
	Ярославская область	
	г. Москва	
2	Воронежская область	33
	Костромская область	
	Липецкая область	
	Тверская область	
	Тульская область	
3	Белгородская область	22
	Ивановская область	
	Орловская область	

*Источник: рассчитано автором*

На рисунке 3.27 представлена графическая интерпретация классификации регионов по эффективности использования природоохранных мероприятий.



*Рисунок 3.27 - Классификация регионов по эффективности природоохранных мероприятий*

*Источник: построено автором*

Составляющие комплексного показателя экологического и экономического развития региона дают общее представление об изменении этого показателя во времени. При принятии решений необходимо не только основываться на данных комплексозначного показателя, но и проследить динамику эколого-экономического состояния региона. Корректный анализ этих процессов позволит правильно и конструктивно распределить экономическую и затратную часть на природоохранные мероприятия и принять оптимальное решение.

### **Выводы по главе**

1. С целью обеспечения сохранности данных и мобильного доступа к ним, хранение данных спроектированной БД «Экостат» организовано в облачном хранилище данных. Технология облачного хранения данных представляет собой **модель онлайн-хранилища**, в котором все данные хранятся на различных серверах, размещенных в сети.

2. С целью организации взаимодействия экономико-математической модели и БД «Экостат», разработана алгоритмическая структура программы для ЭВМ «RegEcoSafe», **реализующая расчет интегральной оценки эколого-экономического состояния** субъектов РФ на основании информации БД «Экостат». Спроектированное программное обеспечение учитывает специфику решаемых задач и является основой СППР, так как позволяет повысить качество принимаемых управленческих решений посредством предоставления полной структурированной аналитической информации.

3. Для обеспечения результативности использования СППР **обоснован набор базовых критериев программного интерфейса** путем применения трехэтапного метода экспертных оценок. Это позволило выделить **ключевые характеристики интерфейса** для их реализации в

программе «RegEcoSafe», что позволяет повысить удобство использования и повысить качество принимаемых управленческих решений.

4. Предложенный модельный инструментарий СППР, позволяет проводить оценивание эколого-экономического состояния регионов, отслеживать динамику экологических и экономических показателей, выявлять причины возникающих проблем, а также помогает в выработке дальнейших рекомендаций по корректировке уровня эколого-экономического состояния региона.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации исследуется одна из наиболее актуальных проблем в Российской Федерации – совершенствование технологий поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента. В настоящее время проблема создания и внедрения систем экологического мониторинга и менеджмента на территории Российской Федерации выходит на одно из лидирующих мест среди проблем, связанных с охраной природной среды. Подобная ситуация объясняется несколькими значимыми обстоятельствами. Во-первых, необходимостью реализации Концепции устойчивого развития в России. Социально-экономическая и экологическая информация, отражающая состояние субъектов РФ через согласованные массивы данных, показатели и индексы являются основой успешного планирования и принятия решений в масштабах всего государства.

Региональная экономика в условиях становления рыночных отношений становится все более самостоятельной в отношении вопросов потребления природных ресурсов, в связи с чем органы власти, отвечающие за охрану окружающей среды в субъектах РФ вынуждены не только осуществлять контроль за состоянием производственных систем, но и формировать экологически обоснованную стратегию комплексного освоения природно-ресурсного потенциала территорий. Для решения данных задач необходимы информационные (системы поддержки принятия решений, содержащие базы данных, математические модели, диалоговые и графические интерфейсы, средства анализа информации и т.п.

Активное развитие информационных технологий с применением персональных компьютеров, локальные и глобальные сети передачи данных, геоинформационные системы, теория искусственного интеллекта и многое другое, формирует потенциальную возможность для внедрения информационных систем поддержки принятия решений в сфере экологического менеджмента.

Создание информационно-аналитического обеспечения процесса принятия управленческих решений в указанной сфере деятельности представляется достаточно сложной научной задачей. Аналитическую основу систем поддержки принятия решений составляет имитационная модель субъекта РФ, а также интеллектуальные и экспертные системы, аккумулирующие опыт решения задач управления и обеспечивающие участие коллектива экспертов, взаимодействующих прозрачным образом через диалоговый интерфейс с комплексом моделей в процессе выработки рационального экономического решения.

Разработка системы поддержки принятия решений в сфере анализа эколого-экономических показателей производственной деятельности позволит добиться качественно новых результатов в области эколого-экономического менеджмента.

В настоящей диссертации решены поставленные задачи и достигнута цель исследования, а именно совершенствованы алгоритмы и процедуры поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента.

В рамках проведенного исследования, с целью оценки эколого-экономического состояния регионов предложен метод свертки различных показателей в некоторый один интегральный. В качестве параметров для расчета интегральной оценки уровня эколого-экономической безопасности, на основании оценок экспертов выбраны пять базовых сгруппированных экономических показателей и четыре экологических показателя. По данным критериям построена интегральная оценка, получив которую по каждому региону, появилась возможность сравнить полученные значения и сделать вывод о ситуации в каждом из них. Предложенная в настоящем исследовании адаптация метода свертки и построения интегрального показателя эколого-экономического состояния регионов при помощи комплексной функции позволяет получить оценку эколого-экономического состояния региона, а также выявить и отследить причины отставания того или иного показателя,



характеризующего состояние региона. Анализ динамики изменения полученного интегрального показателя позволяет спрогнозировать эколого-экономическое состояние региона при изменении исследуемых факторов.

На основании полученных интегральных оценок проведена классификация субъектов РФ методом К-средних по пяти кластерам. К первому классу отнесены регионы с наиболее высокими затратами на природоохранные мероприятия и сложной экологической обстановкой, к пятому кластеру - регионы с благоприятной экологической обстановкой.

С целью хранения и статистической обработки информации в рамках проведенного исследования разработана структура облачной БД «Экостат», содержащая показатели, характеризующие затраты на природоохранные мероприятия: затраты на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата, затраты на сбор и очистку сточных вод, затраты на обращение с отходами, затраты на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод, затраты на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий и др., кроме того БД содержит показатели, характеризующие экологическое состояние региона по предприятиям: валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу, объем загрязненных сточных вод, объем производственных отходов, количество экологических преступлений и др. Объем данных, хранящийся в спроектированной БД, а также их структура позволяет получить различную аналитическую информацию об эколого-экономическом состоянии субъектов РФ, в том числе в разрезе по предприятиям. Благодаря реализации данной БД в облачном хранилище достигается мобильный доступ к информации и обеспечивается ее сохранность, что позволит накапливать большие массивы данных для осуществления глубокого анализа эколого-экономической безопасности регионов РФ.

Также в ходе настоящего исследования разработана алгоритмическая структура программы для ЭВМ «RegEcoSafe» реализующей процедуру взаимодействия экономико-математической модели и базы данных

«Экостат». Интерфейс программного обеспечения (ПО) «RegEcoSafe» реализован в соответствии с требованиями, предъявляемыми экспертами в области эколого-экономического менеджмента и позволяет в логичной и наглядной форме получать необходимые аналитические отчеты, такие как: динамика объемов выбросов вредных веществ в атмосферу, количество источников загрязнения, количество случаев превышения предельно допустимых выбросов, объемы сброса сточных вод и др. Данный алгоритм взаимодействия системы «машина-человек», реализованный в ПО позволяет обеспечить многовариантность выбора альтернатив и повысить качество принимаемых управленческих решений в условиях неопределенности исходных данных.

В завершении исследования проведен анализ эффективности функционирования СППР путем рассмотрения ее функциональных возможностей и получаемых результатных данных. Исходя из полученных результатов следует вывод, что разработанная система поддержки принятия решений в области эколого-экономической безопасности позволяет проводить оценивание эколого-экономического состояния регионов, выявлять и отслеживать различные причины отставания в динамике и развитии, а также помогает в выработке дальнейших рекомендаций по корректировке уровня эколого-экономического состояния региона.

По результатам проведенного исследования, с участием автора, подана заявка на грант РФФИ, проект 17-06-00526 - «Математическое моделирование эколого-экономической безопасности на основе функций комплексной переменной».

## СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

1. БД - база данных;
2. ИСУ - информационная система управления;
3. ЛПР - лицо принимающее решение;
4. Облачное хранилище данных — модель онлайн-хранилища, в котором данные хранятся на многочисленных распределённых в сети серверах, предоставляемых в пользование клиентам, в основном, третьей стороной.
5. САО - система автоматизации офиса;
6. СППР - система поддержки принятия решений;
7. СУБД - система управления базами данных;
8. ЭС - экспертная система;
9. ЭЭБ - эколого-экономическая безопасность;
10. ЭЭС - эколого-экономическая система;
11. Amazon RDS (Amazon Relational Database Service) - это облачный сервис, который обеспечивает пользователей реляционными базами данных для использования в приложениях.
12.  $\text{Im}$  - мнимая часть комплексной функции;
13.  $I_1$  - интегральный показатель экономической составляющей;
14.  $I_2$  - интегральный показатель экологической составляющей;
15.  $\theta$  - полярный угол комплексной переменной;
16.  $R$  - модуль комплексной переменной;
17.  $\text{Re}$  - действительная часть комплексной функции;
18. SQL (язык структурированных запросов) - формальный непроцедурный язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в произвольной реляционной базе данных, управляемой соответствующей СУБД.
19.  $Z$  - комплексозначный показатель.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Айдинова, Д.Х.-М. Двухсекторная модель регулирования выбросов загрязняющих веществ [Текст] / Д.Х.-М. Айдинова // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2010. – №24. – С. 171-178.
2. Айдинова, Д.Х.-М. Моделирование регулирования вредных производственных выбросов с использованием в качестве инструмента продаваемых разрешений на выбросы [Текст] / Д.Х.-М. Айдинова // Современные научные издания. – 2013. – № 16(1). – С. 12.
3. Акимова, Т.А. Экономика устойчивого развития [Текст] : учебное пособие /Т. А. Акимова, Ю. Н. Мосейкин. – М.: Изд-во «Экономика», 2009. – 332 с.
4. Атаманов, Г.А. Экологическая безопасность и её место в структуре безопасности антропоных систем [Электронный ресурс] / Г.А. Атаманов // Наука-XXI. – 2010. – Режим доступа: [info@naukaxxi.ru](mailto:info@naukaxxi.ru). – (Дата обращения: 04.04.2015).
5. Балдин, К.В. Управленческие решения [Текст]: учебник / К.В. Балдин, С.Н. Воробьев, В.Б. Уткин. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2006. – 496 с.
6. Бахарева, А. Экологическая политика промышленно-развитых стран и России [Текст] / А. Бахарева // Независимая газета. – 2012. – 17 января.
7. Бахтин, Н.И. Математическое моделирование пылеулавливания в технологических системах, уменьшающих выбросы дисперсных частиц в атмосферу [Текст] / Н.И. Бахтин, В.В. Янюшкин, Д.В. Ольшевский // Инженерный вестник Дона. – 2008. – №2. – Том 4. – С. 228-240.
8. Баширова, А.А. Формирование стратегии регионального развития с позиций эколого-экономической сбалансированности [Текст] / А.А. Баширова // Экономика и управление. – 2010. – №11(72). – С. 87-90.

9. Белоусов, А.И. Принципы и методы организации эколого-ориентированной учётно-аналитической системы на предприятии [Текст] / А.И. Белоусов, Е.А. Шелухина // Университетская наука – Региону: материалы II ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского Федерального университета /Под редакцией Л.И. Ушвицкого, Н.Н. Яковенко. – Ставрополь: ООО "Издательско-информационный центр "Фабула", 2014. – С. 153-160.

10. Белоусов, А.И. Экологически устойчивое развитие инновационно-ориентированной экономики региона [Текст]/ А.И. Белоусов, Е.А. Шелухина // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2014. – № 6 (45). – С. 101-105.

11. Бережная, Е.В. Математические методы моделирования экономических систем [Текст]: учебное пособие / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 432 с.

12. Блам, И.Ю. Экологический менеджмент [Текст]: учебное пособие / И.Ю. Блам. – Новосибирск: НГУ, 2001. – 165 с.

13. Бобылев, С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. Пособие по региональной экологической политике [Текст] / С.Н. Бобылев. – М., 2007. – 60 с.

14. Богачкова, Л.Ю. О применении математического моделирования к оптимизации недропользования [Текст] /Л.Ю. Богачкова // Эколого-экономические проблемы Нижней Волги: материалы заседания круглого стола. – Волгоград: Волгоградский государственный университет, 2001. – С. 125-129.

15. Богачкова, Л.Ю. Проблема разработки инструментов для оценки и анализа результативности государственной политики энергоэффективности, проводимой в регионах РФ [Текст] /Л.Ю. Богачкова // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики. – Симферополь-Гурзуф: ИП Бровко А.А., 2015. – С. 4-8.

16. Боголюбов, С.А. Актуальные проблемы экологического права [Текст] / С.А. Боголюбов. – М.: Юрайт, 2011. – 607 с.
17. Борлакова, А.К. Методология эколого-экономической оценки инвестиционного проекта с использованием элементов теории нечётких множеств [Текст] / А.К. Борлакова // Экономические науки. – 2014. – № 4 (113) апрель. – С. 121-129.
18. Булгаков, Н.Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов [Текст] / Н.Г. Булгаков // Успехи современной биологии. – 2002. – Т. 122. – №2. – С. 115-135.
19. Булетова, Н.Е. Эколого-экономическая безопасность: природа, содержание и проблемы диагностики в регионах России [Текст] : монография /Н.Е. Булетова; Волгоградский филиал ФГБОУ ВПО «Российский государственный торгово-экономический университет» – Волгоград: Волгоградский филиал РГТЭУ, 2013. – 220 с.
20. Гагарин, А.Г. Анализ качества программного обеспечения методом анализа иерархий: проблема учета влияния находящихся на границах области допустимых значений оценок при большом количестве критериев и альтернатив [Текст] / А.Г. Гагарин // Аудит и финансовый анализ. – 2010. – № 3. – С. 446-454.
21. Гагарин, А.Г. Модель динамической полезности [Текст] / А.Г. Гагарин // Аудит и финансовый анализ. – 2011. – №5. – С. 74-85.
22. Гагарин, А.Г. Разработка приложений для обработки экономической информации в среде LAZARUS [Текст]: учебное пособие / А.Г. Гагарин, А.Ф. Рогачев. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. – 86 с.
23. Герасимов, А.Н. Многомерная оценка современного состояния и устойчивости развития регионов Северо-Кавказского Федерального округа [Текст]/ А.Н. Герасимов, Е.И. Громов // Экономика и предпринимательство. – 2012. – № 4 (27). – С. 246-249.

24. Герасимов, А.Н. Статистическая оценка экономических, демографических и социальных процессов в регионах Северо-Кавказского Федерального округа [Текст]/ А.Н. Герасимов, Е.И. Громов // Экономика и предпринимательство. – 2012. – № 5 (28). – С. 372-378.

25. Горохова, Н.В. Моделирование и ранжирование инструментов эколого-экономического регулирования как стимуляторов разработки более экологически чистых технологических процессов [Электронный ресурс] / Н.В. Горохова // Управление экономическими системами (электронный научный журнал). – 2012. – № 2 (38). – Режим доступа: <http://uecs.ru/instrumentalnii-metody-ekonomiki/item/1027-2012-02-10-10-54-13>

26. Гусятников, В.Н. Экологический налог за воздействие электромагнитного излучения: социально-экономический аспект проблемы [Текст] / В.Н. Гусятников, Р.З. Салахутдинов, А.Ю. Сомов // Проблемы региональной экологии. – 2005. – № 4. – С. 14.

27. Давнис, В.В. Адаптивно-рациональный подход к управлению изменениями социально-экономических систем [Текст]/ В.В. Давнис, В.И. Тинякова //Управление изменениями в социально-экономических системах: сборник статей пятой Международной научно-практической конференции / Воронежский государственный университет, экономический факультет; под редакцией И.Е. Рисина, Ю.И. Трещевского. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2006. – С. 37-40.

28. Давнис, В.В. Эконометрические методы прогнозирования [Текст]: учебное пособие для слушателей магистерских программ / В.В. Давнис, В.И. Тинякова. – Воронеж, 2009. – 234 с.

29. Декатов, Д.Е. Формализация процедур анализа и оценки инновационных решений на основе математических методов [Текст] / Д.Е. Декатов, П.В. Терелянский // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – №3. – С. 128-138.

30. Диагностика социально-экономического развития регионов с помощью моделей комплекснозначной экономики [Текст]/ Н.А. Кизим, Т.С.

Клебанова, И.С. Светуньков, С.Г. Светуньков // Современная экономика: проблемы и решения. – 2012. – № 1. – С. 151-159.

31. Диксон, Д. Экономический анализ воздействий на окружающую среду [Текст] / Д. Диксон [и др.]. – М.: Вита-Пресс, 2000. – 270 с.

32. Дудов, А.С. Моделирование и анализ регулирования и аудита выбросов загрязняющих веществ [Текст]: монография / А.С. Дудов, И.А. Наталуха. – М.: Междунар. ин-т системной орг. науки, 2008. – 129 с.

33. Елкина, Л.Г. Экономический механизм управления промышленным предприятием как эколого-экономической системой [Текст] / Л.Г. Елкина, Е.Ю. Иванова // Вестник УГАТУ. – 2010. – Т. 14. – №5 (40). – С. 218-224.

34. Иванцов, Г.Б. Экономика и экология [Текст] / Г.Б. Иванцов // Известия Уральского государственного университета. – 2002. – №23. – С. 41–48.

35. Иванюк, В.А. Разработка интеллектуальной системы для управления динамическими экономическими системами [Текст]/ В.А. Иванюк, А.Д. Цвиркун // Идентификация систем и задачи управления" SICPRO '12: труды IX международной конференции. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2012. – С. 317-324.

36. Иванюк, В.А. Экономико-математическое моделирование на основе многокритериальных методов принятия решений [Текст]/ В.А. Иванюк // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2011. – Т. 11. – № 4 (77). – С. 246-251.

37. Ильченко, А.Н. Оценка инфраструктурного потенциала региона [Текст] / А.Н. Ильченко, Е.А. Абрамова // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2010. – № 2. – С. 28-35.

38. Ильченко, А.Н. Экспериментальное моделирование развития социально-экономической инфраструктуры территорий: статистический анализ и прогнозирование [Текст] / А.Н. Ильченко // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры:



материалы Всероссийской научно-методической конференции. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2016. – С. 1642-1649.

39. Исаев, И.В. Adaptation of the method of additive convolution for evaluating the ecological-economic state of the regions [Текст] / И.В. Исаев // Фундаментальная и прикладная наука: основные итоги 2015 г. : материалы конференции, 16-17 декабря 2015 года, г. Санкт-Петербург, Россия – North Charleston, SC, USA. – СПб-б., 2015. – С. 113-116.

40. Исаев, И.В. Control of the ecological-economic risks [Текст] / И.В. Исаев // Актуальные научные исследования в современном мире: материалы III Международной научно-практической интернет-конференции, 25-26 июля 2015 г., Переяслав-Хмельницкий. – Переяслав-Хмельницкий, 2015. – Выпуск 3. – Ч. 1. – С. 125-129.

41. Исаев, И.В. Интегральная оценка эколого-экономического состояния региона с использованием комплексной функции [Текст] / И.В. Исаев // Экономика и предпринимательство. – 2015. – №12. – С. 438-443.

42. Исаев И.В. Оценка уровня состояния эколого-экономической безопасности «RegEcoSafe» [Текст]: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015663409/ И.В. Исаев, А.Ф. Рогачев, Е.В. Мелихова, М.И. Слепухин. – М.: РОСПАТЕНТ, 2015.

43. Исаев, И.В. Оценка эффективности системы поддержки принятия решений в области эколого-экономического менеджмента [Электронный ресурс] // Российский экономический интернет-журнал. – 2016. – Режим доступа: <http://www.e-rej.ru/upload/iblock/169/16998d07ef08e3552af2bf759e988ec0.pdf>;

44. Исаев, И.В. Оценивание уровня эколого-экономической безопасности с использованием комплексного показателя [Текст] / И.В. Исаев, А.Ф. Рогачев // Друкерровский вестник. – 2016. – № 1. – С. 265-272.

45. Исаев, И.В. Показатели эколого-экономического состояния производственных организаций «Экостат» [Текст] : свидетельство о

государственной регистрации базы данных №2015621370 /И.В. Исаев, А.Ф. Рогачев. – М.: РОСПАТЕНТ, 2015.

**46.** Исаев, И.В. Применение технологий виртуализации для систем поддержки принятия решений в сфере эколого-экономического менеджмента [Текст] /И.В. Исаев, А.Ф. Рогачев // Современная экономика: проблемы и решения, 2016. – № 6. – С. 97-106.

47. Исаев, И.В. Проблемы ранжирования функциональных характеристик интерфейса системы поддержки принятия решений в сфере эколого-экономического менеджмента [Текст] /И.В. Исаев, А.Ф. Рогачев // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–3. – С. 560-564.

48. Карташова, Т.М. Обобщенный критерий оптимизации – функция желательности [Текст]/ Т.М. Карташова, Б.П. Штаркман // Информационные материалы. Кибернетика. – М., 1970. Лг 8. – С. 65-63.

49. Клейнер, Г.Б. Экономико-математическое моделирование и экономическая теория [Текст] / Г.Б. Клейнер // Экономика и математические методы. – 2001. – № 3. – Т. 27. – С. 45-52.

50. Когнитивное моделирование процесса обеспечения устойчивости регионального развития [Текст]/ Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, Т.В. Мартышина, Н.Д. Панкратова // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2014. – № 2 (141). – С. 166-174.

**51.** Кондрашева, И.Ю. Базы данных экологической информации для фундаментальных исследований состояния экологии в России. Роль ГПНТБ России [Электронный ресурс] / И.Ю. Кондрашева, Е.Ф. Бычкова // Библиотеки и информационные ресурсы в современном мире науки, культуры и образования и бизнеса : материалы 15-й юбилейн. Междунар. конф. «Крым 2008». – Электрон. текстовые дан. - М. : ГПНТБ России, 2008. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с этикетки диска.

52. Королев, В.А. Адаптация методов расчета индикаторов экономической безопасности предприятия [Текст] /В.А. Королев, В.Н. Зубенко, И.Ю. Глазкова // Научно-технические ведомости Санкт-

Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2011. – № 6 (137). – С. 207-209.

53. Королев, В.А. Расчет коэффициентов экономической выживаемости региона [Текст]/ В.А. Королев, А.А. Калашников, Д.Д. Атрощенко // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2011. – № 6 (137). – С. 27-30.

54. Королев, В.А. Региональные аспекты укрепления экономической безопасности [Текст]/ В.А. Королев, Д.В. Чумачков // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени Коста Левановича Хетагурова. – 2011. – № 4. – С. 336-339.

55. Кравченко, Т. К. Системы поддержки принятия решений [Текст]/ Т. К. Кравченко// Информационные технологии для современного университета /Под общ. ред. А. Н. Тихонова, А. Д. Иванникова. – М.: ГНИИ ИТТ «Информика», 2011. – С. 107-118.

56. Красс, М.С. Моделирование эколого-экономических систем [Текст]/ М.С. Красс. – М.: Инфра-М, 2010. – 272 с.

57. Красс, М.С. Экологический фактор в экономических стратегиях [Текст]/ М.С. Красс, В.А. Юрга // Вестник Финансового университета. – 2012. – № 1. – С. 20-33.

58. Крюков, С.В. Поддержка принятия инвестиционных решений на основе метода аналитических сетей [Текст]/ С.В. Крюков // Инновационные технологии в экономике и управлении. – 2011. – № 12 (13). – С. 55-60.

59. Крюков, С.В. Система поддержки принятия решений по управлению предприятием на основе структурного динамического моделирования [Текст]/ С.В. Крюков, О.Ю. Селютина // Экономическое развитие в эпоху глобализации: сборник научных статей студентов и преподавателей. Южный федеральный университет, Экономический факультет/ Под редакцией В.А. Алешина, О.С. Белокрыловой, В.А. Максимова. – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 108-111.

60. Крюков, С.В. Сравнительный анализ подходов к оценке эффективности инновационных проектов [Текст]/ С.В. Крюков // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – № 11. – С. 68-75.

61. Лебедев, В.Г. Принципы построения интеллектуального интерфейса пользователя для систем поддержки принятия решений операторам [Текст]/ В.Г. Лебедев // Проблемы управления. – 2004. – №3. – С. 43-47.

62. Лябах, Н.Н. Методология и инструментарий оценки состояния и динамики развития сложных социально-экономических объектов (СЭО) [Текст]/ Н.Н. Лябах, М.В. Колесников // Вестник Университета (Государственный университет управления). – 2012. – № 20. – С. 145-151.

63. Лябах, Н.Н. Проблемы и пути совершенствования деятельности экспертов [Текст]/ Н.Н. Лябах, Я.М. Гибнер // Вестник Университета (Государственный университет управления). – 2013. – № 6. – С. 226-230.

64. Мартынов, В.В. Улучшение эргономических показателей пользовательских интерфейсов веб-приложений [Текст]/ В.В. Мартынов, А.М. Кузнецов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2006. – Вып. № 1. – Том 7. – С. 118-125.

65. Масленникова, И. С. Управление экологической безопасностью и рациональным использованием природных ресурсов [Текст] : учебник / И.С. Масленникова, В. В. Горбунова. – СПб.: СПбГИЭУ, 2011. – С. 93-95.

66. Матвеева, Л.Г. Информационно-технологическая среда финансирования инноваций промышленных предприятий региона [Текст]/ Л.Г. Матвеева // Региональная экономика. Юг России. – 2014. – № 2. – С. 115-123.

67. Матвеева, Л.Г. Оценка и прогнозирование развития инновационного потенциала в регионе: методология, инструментарий [Текст]/ Л.Г. Матвеева // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2006. – № 4 (59). – С. 92-99.

**68.** Митяков, В.С. Разработка математических методов анализа и прогнозирования поведения индикаторов экономической безопасности [Текст] : диссертация/ В.С. Митяков. – Н. Новгород, 2012. – 150 с.

**69.** Молородов, Ю.И. Интеграция данных о состоянии окружающей среды в современных информационных системах [Текст] / Ю. И. Молородов, А. М. Федотов // ЖВТ. – 2007. – №2. – С. 97-106.

**70.** Мухаметшина, Е.Л. Математические модели и алгоритмы расчетного экологического мониторинга качества атмосферного воздуха [Текст] : диссертация/ Е.Л. Мухаметшина. – Казань, 2016. – 198 с.

71. Наталуха, И.А. Моделирование разработки экологических инноваций [Текст] / И.А. Наталуха // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2007. – Т.31. – №3. – С. 106-110.

72. Наталуха, И.А. Упорядочение налоговых платежей за производственные выбросы в различных условиях [Текст] / И.А. Наталуха // Экономический анализ: теория и практика. – 2007. – №8. – С. 27-30.

73. Нестерук, Д.Н. Мониторинг эффективности инновационной деятельности [Текст] / Д.Н. Нестерук // Креативная экономика. – 2010. – №2 – С. 62–67.

74. Нижегородцев, Р.М. Качество управленческих решений: институциональные барьеры и фильтры [Текст]/ Р.М. Нижегородцев // Управленец. – 2013. – № 4(44). – С. 4-7.

75. Нижегородцев, Р.М. Факторы экономического роста российских регионов: регрессионно-кластерный анализ [Текст]/ Р.М. Нижегородцев, М.Ю. Архипова // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2009. – № 3. – С. 94-110.

**76.** Патракеева, О.Ю. Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений, направленных на развитие региона (на примере Ростовской области) [Текст]/ О.Ю. Патракеева // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. – 2013. – №3 (13). – С. 57-66.

77. Петрова, Е.А. Методологические проблемы и принципы формирования системы оценки эффективности территориального управления с учетом стратегических ориентиров развития [Текст]/ Е.А. Петрова, В.В. Калинина, А.В. Шевандрин // Экономика региона. – 2014. – № 4 (40). – С. 261-271.

78. Петрова, Е.А. Особенности социально-экономического развития социохозяйственных слабоустойчивых природных систем (на примере территории Волго-Ахтубинской поймы) / Е.А. Петрова, А.В. Шевандрин, А.А. Воронин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 438.

79. Прикладная информатика в экономике: теория и практика [Текст] : учебное пособие/ Л.Г. Матвеева, В.А. Алешин, А.Ю. Никитаева, О.А. Чернова, Е.Д. Стрельцова, Е.Ф. Щипанов, Е.П. Мурат, Т.В. Матыцына, В.А. Рожков, Е.Л. Косенкова, О.В. Бабенко, О.Д. Орехова, В.Е. Полонеева, М.Н. Федосова; под общей реакцией Л.Г. Матвеевой, О.А. Черновой. – Ростов-на-Дону, 2013. – С. 367.

80. Прогнозирование социально-экономического развития регионов с помощью моделей комплекснозначной экономики [Текст]/ С.Г. Светуных, И.С. Светуных, Н.А. Кизим, Т.С. Клебанова // Проблемы экономики (Харьков). – 2011. – № 2. – С. 83-90.

81. Ранжирование муниципальных образований для мониторинга выполнения региональной программы энергосбережения и повышения энергоэффективности (на примере Волгоградской области) [Текст]/ Л.Ю. Богачкова, В.А. Мещанинцев, А.П. Коржова, А.А. Ляпин, Ю.В. Мережкина //Анализ, моделирование и прогнозирование экономических процессов: материалы IV Международной научно-практической Интернет-конференции /Под редакцией Л.Ю. Богачковой, В.В. Давниса. – Волгоград-Воронеж: Воронежский ЦНТИ - филиал ФГБУ "РЭА" Минэнерго России, 2012. – С. 34-41.

82. Разработка стратегии развития региона на основе синтеза методологий предвидения и когнитивного моделирования [Текст]/ Г.В. Горелова, Е.В. Жертовская, В.Н. Тюшняков, М.В. Якименко // Сетевое партнерство в науке, промышленности и образовании: труды Международной мультikonференции. – Санкт-Петербург: ФГАОУ ВО "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2016. – С. 59-66.

83. Рогачев, А.Ф. Информационные аспекты процессного подхода к обеспечению безопасности эколого-экономических систем [Текст] /А.Ф. Рогачев, Н.Н. Скитер, И.В. Исаев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 4 (32). – С. 271-275.

84. Рогачев, А.Ф. Математическое моделирование информационного обеспечения эколого-экономической безопасности на региональном уровне [Текст] / А.Ф. Рогачев, Я.В. Федорова // Вестник Академии права и управления. – 2014. – № 37. – С. 255-262.

85. Рогачев, А.Ф. Экономико-математическое моделирование регулирования экологии окружающей среды с учетом трансграничного загрязнения [Текст]: монография / А.Ф. Рогачев, Н.Н. Скитер. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2014. – 156 с.

86. Рогозин, О.В. Методы и модели поддержки принятия инновационных решений в агентно-ориентированных системах [Текст]: монография / О.В. Рогозин. – М.: МЭСИ, 2012. – 160 с.

87. Рогозов, Ю.И. Метод построения структурно-независимых баз данных с использованием реляционных технологий [Текст]/ Ю.И. Рогозов, А.С. Свиридов, С.А. Кучеров // Информационные технологии. – 2011. – № 2. – С. 54-59.

88. Рогозов, Ю.И. Подход к конфигурированию пользовательского интерфейса на основе описания его свойств [Текст] / Ю.И. Рогозов, С.А.

Беликова, А.С. Свиридов // Инновационная наука. – 2015. – № 10-1. – С. 108-112.

89. Рогозов, Ю.И. Построение классификации характеристик программного обеспечения с целью идентификации понятий предметной области как характеристик [Текст]/ Ю.И. Рогозов, А.С. Свиридов, А.А. Дегтярев // Информатизация и связь. – 2011. – № 3. – С. 80-82.

90. Рюмина, Е.В. Экологически скорректированная оценка экономического развития регионов [Текст]/ Е. В. Рюмина, А.М. Аникина // Проблемы прогнозирования. – 2009. – № 02. – С. 78-94.

91. Савинов, Г.В. Комплексные переменные в экономическом анализе и моделировании [Текст]/ Г.В. Савинов, С.Г. Светуных // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2006. – № 4. – С. 21-35.

92. Савинов, Г.В. Моделирование социальноэкономических процессов моделями с учетом латентных факторов [Текст]/ Г.В. Савинов, С.Г. Светуных // Современная экономика: проблемы и решения. – 2013. – № 7. – С. 128-135.

93. Садовникова, Н.П. Информационно-аналитическая поддержка задач стратегического экологического оценивания безопасности гражданских территорий [Текст]/ Н.П. Садовникова, Б.Х. Санжапов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2011. – № 25. – С. 421-426.

94. Садовникова, Н.П. Особенности выбора методов поддержки принятия решений в задачах обеспечения экологической безопасности развития городских территорий [Текст]/ Н.П. Садовникова, Ю.С. Львова, Е.П. Гнедкова // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. – 2012. – № 7 (21). – С. 5.

95. Садовникова, Н.П. Разработка концепции системы поддержки принятия решений по обеспечению экологической безопасности развития городских территорий [Текст]/ Н.П. Садовникова, Б.Х. Санжапов, Е.П.



Гнедкова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2011. – № 25. – С. 427-432.

96. Садовникова, Н.П. Согласование целей при эколого-экономическом обосновании градостроительного проекта с учетом ограничений на значения характеристик, входящих в систему средств, в условиях нечеткой информации [Текст]/ Б.Х. Санжапов, Н.П. Садовникова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2011. – № 21. – С. 151-159.

97. Светуных, С.Г. Комплекснозначный анализ уровней социально-экономического развития регионов Северо-запада России [Текст]/ С.Г. Светуных, А.М. Алексеева // Трансформация региональной экономики в контексте постиндустриальной модели общественного развития: материалы V Всероссийской научно-практической конференции /Под общей редакцией д-ра экон. наук, проф. И. А. Максимцева. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2013. – С. 35-44.

98. Селютин, В.В. Методологические аспекты стратегического планирования развития региональных систем [Текст] / В.В. Селютин, А.Н. Горшкова, Е.В. Ушканова // Региональная экономика. Юг России. – 2014. – № 1. – С. 105-113.

99. Селютин, В.В. Управление региональным развитием в контексте сравнительной социально-экономической динамики [Текст] / В.В. Селютин, Е.Д. Разгулина, А.С. Барабанов // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2014. – № 3. – С. 37-46.

**100.** Сенчагов, В.К. Структура механизма современного мониторинга экономической безопасности России [Текст] / В.К. Сенчагова, Е.А. Иванов. – М.: Институт экономики РАН, 2015. – С. 46.

101. Сергеев, Ю.К. Анализ угроз безопасности виртуальных информационных систем [Текст] /Ю.К. Сергеев //Вестник РГГУ. Серия: Документоведение и архивоведение. Информатика. Защита информации и информационная безопасность. – 2011. – № 13 (75). – С. 160-170.

102. Сергеев, Ю.К. Использование технологий виртуализации для защиты информации [Текст] /Ю.К. Сергеев // Вестник РГГУ. Серия: Документоведение и архивоведение. Информатика. Защита информации и информационная безопасность. – 2009. – № 10. – С. 98-109.

103. Скитер, Н.Н. Методология анализа эколого-экономической безопасности на уровне региона [Текст] / Н.Н. Скитер // УЭкС. – 2013. – №12 (60). – С. 122.

104. Скитер, Н.Н. Экономико-математическая модель регулирования выбросов производственного сектора [Текст] / Н.Н. Скитер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №1(25). – С. 214-219.

105. Стратегия социально-экономического развития Волгоградской области до 2020 года [Текст] /Администрация Волгоградской области. – Волгоград, 2011. – 79 с.

106. Стрельцова, Е.Д. Модельный инструментарий системы поддержки принятия решений по управлению межбюджетным регулированием [Текст] / Е.Д. Стрельцова, И.В. Богомякова, В.С. Стрельцов // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. – 2014. – № 2. – С. 76-85.

107. Стрельцова Е.Д. Совершенствование инструментов поддержки принятия решений при стратегическом управлении промышленным предприятием [Текст] / Е.Д. Стрельцова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 554.

108. Теория и практика принятия управленческих решений [Текст] : учебник и практикум / В.И. Бусов, Н.Н. Лябах, Т.С. Саткалиева, Г.А.

Таспенова. – 1-е изд. – М., 2015. – 279 с. (Сер. 61 Бакалавр и магистр. Академический курс)

109. Теоретические и прикладные аспекты моделирования первичной продуктивности водоемов [Текст]/ Ю.А. Домбровский, В.Г. Ильичев, В.В. Селютин, Ф.А. Сурков. – Ростов-на-Дону, 1990. – 174 с.

110. Терелянский, П.В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования [Текст] : монография / П.В. Терелянский. – Волгоград: ВолгГТУ, 2009. – 127 с.

111. Тихонов, Э.Е. Защита данных в облачных технологиях [Текст] : монография /Э.Е. Тихонов, А.А. Евдокимов. – Невинномысск, 2015. – 102 с.

112. Тихонов, Э.Е. Применение облачных технологий в бухгалтерском учете [Текст] / Э.Е. Тихонов //Экономические и информационные аспекты развития региона: теория и практика: Международная научно-практическая конференция/ Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, 2015. – С. 247-250.

113. Тяглов, С.Г. Алгоритмизация перспективных направлений повышения эффективности развития социально-экономической инфраструктуры региона [Текст]/ С.Г. Тяглов, Е.А. Ячник // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. – 2013. – № 1 (55). – С. 107-114.

114. Тяглов, С.Г. Система оценки функционирования производственной сферы региона: основные направления и проблемы формирования в современных условиях [Текст]/ С.Г. Тяглов, В.Ю. Боев, А.С. Панченко // Terra Economicus. – 2011. – Т. 9. – № 4-2. – С. 127-131.

115. Тяглов, С.Г. Современные подходы к решению проблем модернизации региональной экономики [Текст]/ С.Г. Тяглов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2011. – № 36. – С. 26-29.

116. Тяглов, С.Г. Современные подходы к формированию системы индикаторов устойчивого развития региона [Текст]/ С.Г. Тяглов, М.А.

Пономарева // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. – 2013. – № 6 (60). – С. 19-28.

117. Усенко, Л.Н. Совершенствование методов бизнес-планирования и стратегии развития агробизнеса [Текст]/ Л.Н. Усенко // Никоновские чтения. – 2001. – № 6. – С. 69-71.

118. Усенко Л.Н. Современные методы анализа и прогнозирования в отраслях национальной экономики [Текст]/ Л.Н. Усенко, В.М. Шеравнер, Ю.В. Тимофеева; под редакцией проф. Л. Н. Усенко. – М., 2014. – Том 3. – 312 с.

119. Федорова, Я.В. Математическое моделирование информационного обеспечения эколого-экономической безопасности на региональном уровне [Текст]/ Я.В. Федорова, А.Ф. Рогачев // Вестник Академии права и управления. – 2014. – № 37. – С. 255-262.

120. Федорова, Я.В. Модернизация экологического состояния городов-мегаполисов [Текст]/ Я.В. Федорова //Северный Кавказ: поиск моделей ускоренного развития: материалы Международной научно-практической конференции/ Филиал ФГБОУ ВПО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при президенте Российской Федерации» «Северо-Кавказский институт». – Пятигорск, 2015. – С. 247-252.

121. Федорова, Я.В. Процессный подход к информационному обеспечению безопасности эколого-экономических систем [Текст]/ Я.В. Федорова, А.Ф. Рогачев // Друкерровский вестник. – 2014. – № 1. – С. 63-68.

**122.** Хубаев, Г.Н. Сравнение вариантов дизайна объекта: модели и алгоритмы [Текст]/ Г.Н. Хубаев // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2011. – № 35. – С. 167-174.

123. Хубаев, Г.Н. Сравнение сложных программных систем по критерию функциональной полноты [Текст]/ Г.Н. Хубаев // Программные продукты и системы (SOFTWARE&SYSTEMS). – 1998. – №2. – С. 6-9.

124. Хубаев, Г.Н. Экспертная оценка качества сложных программных систем [Текст]/ Г.Н. Хубаев // Экономико-организационные проблемы

проектирования и применения информационных систем: материалы докладов конференции. – Ростов-на-Дону: РГЭА, 1998. – С. 76-84.

125. Хубаев, Г.Н. Построение имитационных моделей для оценки трудоемкости деловых процессов с использованием языка UML [Текст] : препринт / Г.Н. Хубаев, С.М. Щербаков. – Ростов-н/Д., РГЭУ «РИНХ», 2004. – 80 с.

126. Царегородцев, Е.И. Инновационные решения в развитии устойчивых эколого-экономических систем региона [Текст] / Е.И. Царегородцев, Л.В. Петрова, А.В. Баранов // Инновационное развитие экономики. – 2014. – № 3 (20). – С. 16-22.

127. Царегородцев, Е.И. Методология мониторинга факторов, угрожающих экономической безопасности [Текст] / Е.И. Царегородцев, А.В. Виногоров // Экономические науки. – 2012. – № 95. – С. 183-186.

128. Царегородцев, Е.И. Применение кластерной стратегии в развитии регионального АПК [Текст] / Е.И. Царегородцев // Дискуссия. – 2013. – № 10 (40). – С. 95-98.

129. Чанышева, А.Ф. Доверительные оценки прогнозов экономических показателей с помощью регрессий комплексных переменных [Текст] / А.Ф. Чанышева // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2009. – № 4. – С. 162а-164.

130. Чанышева, А.Ф. Прогнозирование эффективности работы промышленного предприятия производственной функцией комплексных переменных [Текст] / А.Ф. Чанышева, С.Г. Светульников, Б. Чанцалмаа // Экономическое прогнозирование: модели и методы материалы X Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2014. – С. 211-216.

**131.** Шарапов, Р.В. Аппаратные средства организации верхнего уровня оперативного хранения часто используемых экологических данных в многоуровневых системах хранения [Текст] / Р.В. Шарапов //

Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 3. – С. 28-33.

**132.** Шихова, О.А. Оценка эколого-экономического состояния районов Вологодской области на основе метода кластерного анализа [Электронный ресурс] / О.А. Шихова // Вопросы территориального развития. – 2013. – № 5. – Режим доступа: <http://vtr.isert-ran.ru/article/1334>

133. Шохнех, А.В. Математические методы оценки экономической безопасности хозяйствующих субъектов [Электронный ресурс] /А.В. Шохнех // Управление экономическими системами. – 2012. – № 6(42). – Режим доступа: <http://www.uecs.ru /instrustrumentalnii-metody-ekonomiki/item/> – (Дата обращения: 23.01.2016)

**134.** Эколого-экономический индекс регионов РФ [Текст]/ С.Н. Бобылев, В.С. Минаков, С.В. Соловьев, В.В. Третьяков. – М.: РИА-Новости, 2012. – 150 с.

135. Alter, S.L. Decision support systems: current practice and continuing challenges. Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub., 1980.

136. Appropriate Lane Configurations at Toll Facilities - University of Massachusetts Dartmouth, 2005.

137. Bernard, A., Paltsev, S., Reilly, J., Vielle, M., Vignier, L., 2003. Russia's role in the Kyoto Protocol, Discussion paper, MIT Joint Program on the Sciences and Policy of Global Change.

138. Burtraw, D., A.J. Krupnick, E. Mansur, D. Austin, and D. Fairell. The Costs and Benefits of Reducing Air Pollutants Related to Acid Rain. // Contemporary Economic Policy, 1998. 16: 319-400.

**139.** Christopher, V. Jones User Interface Development and Decision Support Systems - Simon Fraser University, 1993

140. Conrad, J. M., Clark C. W. 1994. Natural Resource Economics. Notes and Problems. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.

141. Goulder, L.H., Parry I.W.H., Burtraw D., Williams R.C. The Cost-Effectiveness of Alternative Instruments for Environmental Protection in a Second-Best Setting // *Journal of Public Economics*. - 1999. – V. 72, N 2. – P. 329–360.

142. Haettenschwiler P. Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungs-unterstützung. Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Zurich: Hochschulverlag AG, 1999. - S. 189-208.

143. Isaev, I.V. Development features of a decision support system, improves the quality of ecological and economic management / Isaev I.V./ Модернизация экономических систем: взгляд в будущее (MESLF-2015): сборник научных трудов под ред. П.А. Неверова, Б.А. Аманжоловой. – Прага: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», 2015., С. 103-106;

144. Jaffe, A. B., R. O. Newell, and R. N. Stavins. Technological Change and the Environment // Forthcoming in Kari-Göran Mäler and Jeffrey Vincent (Eds.), *Handbook of Environmental Economics*. Amsterdam: North-Holland / Elsevier Science. 2000.

145. Kallbekken, S., 2004. A description of the dynamic analysis of the economics of environmental policy (DEEP) model. Report 2004:01 CICERO, Oslo.

**146.** Marguerite Zarrillo DSS and GUI, Decision Support System and Graphical User Interface to Assist in Choosing

147. Nasuni. The State of Cloud Storage in 2013 / A Benchmark Comparison of Performance, Stability and Scalability.

**148.** Norman, D.A. Design of Everyday Things / Donald A. Norman. New York: Currency-Dou-Bleday, 1988.

149. Power, D.J. A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources.COM, World Wide Web, <http://DSSResources.COM/history/dsshistory.html>, version 2.8, May 31, 2003.

150. Turban, E. Decision support and expert systems: management support systems. - Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1995. - 887 p.

151. Rogozov Y.I. Purpose-driven approach for flexible structure-independent database design / Rogozov Y.I., Sviridov A.S., Kutcherov S.A., Bodrow W. // В сборнике: ICSOFT 2010 - Proceedings of the 5th International Conference on Software and Data Technologies 5th International Conference on Software and Data Technologies, ICSOFT 2010. sponsors: Inst. Syst. Technol. Inf., Control Commun. (INSTICC), University of Piraeus, University of Piraeus - Research Center. Athens, 2010. С. 356-362.

**152.** Skiter N. Modeling ecological security of a state / Skiter N., Rogachev A.F., Mazaeva T.I. // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2015. – Т. 6. – № 36. – P. 185-192.



**Приложение А**

**ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ АТМОСФЕРУ ВЕЩЕСТВ, ОТХОДЯЩИХ  
ОТ СТАЦИОНАРНЫХ И ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ, в 2014 г.  
(тысяч тонн)**

	Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ - всего	в том числе		Удельный вес выбросов от стационарных источников в общем объеме выбросов, %
		от стационарных источников	от передвижных источников	
<b>Российская Федерация</b>	<b>31227,7</b>	<b>17451,9</b>	<b>13775,8</b>	<b>55,9</b>
<b>Центральный     федеральный округ</b>	<b>5202,3</b>	<b>1553,4</b>	<b>3648,9</b>	<b>29,9</b>
Белгородская область	290,2	127,4	162,8	43,9
Брянская область	110,9	36,2	74,7	32,6
Владимирская область	147,3	30,7	116,6	20,9
Воронежская область	321,3	67,9	253,4	21,1
Ивановская область	140,9	33,2	107,7	23,5
Калужская область	127,2	19,5	107,7	15,3
Костромская область	110,5	48,8	61,7	44,2
Курская область	128,8	36,0	92,8	27,9
Липецкая область	462,3	330,0	132,3	71,4
Московская область	966,8	196,6	770,2	20,3
Орловская область	118,7	15,3	103,4	12,9
Рязанская область	239,8	108,0	131,8	45,0
Смоленская область	133,8	52,7	81,1	39,4
Тамбовская область	141,3	44,7	96,6	31,6
Тверская область	196,3	69,1	127,2	35,2
Тульская область	378,8	181,3	197,5	47,9
Ярославская область	187,7	88,3	99,4	47,1
г. Москва	999,9	67,7	932,2	6,8
<b>Северо-Западный     федеральный округ</b>	<b>3655,1</b>	<b>2263,8</b>	<b>1391,3</b>	<b>61,9</b>
Республика Карелия	174,7	94,9	79,8	54,3
Республика Коми	791,9	707,0	84,9	89,3
Архангельская область	382,9	262,0	120,9	68,4
в том числе:				
Ненецкий автономный округ	89,8	85,8	4,0	95,5
Архангельская область без автономного округа	293,1	176,2	116,9	60,1
Вологодская область	612,7	491,0	121,7	80,1
Калининградская область	163,7	18,9	144,8	11,6
Ленинградская область	450,7	271,6	179,1	60,3
Мурманская область	333,5	276,4	57,1	82,9
Новгородская область	110,0	42,6	67,4	38,7
Псковская область	121,8	28,9	92,9	23,8
г. Санкт-Петербург	513,2	70,5	442,7	13,7

	Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ - всего	в том числе		Удельный вес выбросов от стационарных источников в общем объеме выбросов, %
		от стационарных источников	от передвижных источников	
<b>Южный федеральный округ</b>	<b>2068,9</b>	<b>669,3</b>	<b>1399,6</b>	<b>32,3</b>
Республика Адыгея	43,7	10,1	33,6	23,1
Республика Калмыкия	36,2	4,5	31,7	12,5
Краснодарский край	729,9	188,9	541,0	25,9
Астраханская область	198,4	118,2	80,2	59,6
Волгоградская область	410,2	153,5	256,7	37,4
Ростовская область	650,6	194,1	456,5	29,8
<b>Северо-Кавказский федеральный округ</b>	<b>915,2</b>	<b>145,1</b>	<b>770,1</b>	<b>15,9</b>
Республика Дагестан	234,5	13,0	221,5	5,5
Республика Ингушетия	14,7	0,4	14,3	2,8
Кабардино-Балкарская Республика	83,2	2,3	80,9	2,7
Карачаево-Черкесская Республика	51,9	15,7	36,2	30,3
Республика Северная Осетия – Алания	79,9	3,5	76,4	4,4
Чеченская Республика	123,3	31,3	92,0	25,4
Ставропольский край	327,6	78,9	248,7	24,1
<b>Приволжский федеральный округ</b>	<b>5229,2</b>	<b>2441,9</b>	<b>2787,3</b>	<b>46,7</b>
Республика Башкортостан	904,4	459,4	445,0	50,8
Республика Марий Эл	81,8	24,6	57,2	30,1
Республика Мордовия	100,1	35,0	65,1	34,9
Республика Татарстан	576,7	293,7	283,0	50,9
Удмуртская Республика	308,4	175,8	132,6	57,0
Чувашская Республика	129,7	35,9	93,8	27,7
Пермский край	582,7	312,5	270,2	53,6
Кировская область	229,8	114,9	114,9	50,0
Нижегородская область	411,7	125,6	286,1	30,5
Оренбургская область	676,5	410,6	265,9	60,7
Пензенская область	134,9	33,5	101,4	24,8
Самарская область	560,9	266,4	294,5	47,5
Саратовская область	384,8	119,9	264,9	31,2
Ульяновская область	147,0	34,2	112,8	23,3
<b>Уральский федеральный округ</b>	<b>5184,7</b>	<b>3899,4</b>	<b>1285,3</b>	<b>75,2</b>
Курганская область	105,0	43,4	61,6	41,3
Свердловская область	1456,0	1021,2	434,8	70,1
Тюменская область	2658,0	2181,5	476,5	82,1
в том числе:				
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	1685,5	1466,8	218,7	87,0
Ямало-Ненецкий автономный округ	658,3	580,2	78,1	88,1
Тюменская область без автономных округов	314,1	134,4	179,7	42,8

	Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ - всего	в том числе		Удельный вес выбросов от стационарных источников в общем объеме выбросов, %
		от стационарных источников	от передвижных источников	
Челябинская область	965,9	653,4	312,5	67,6
<b>Сибирский федеральный округ</b>	<b>7308,5</b>	<b>5570,5</b>	<b>1738,0</b>	<b>76,2</b>
Республика Алтай	32,9	8,1	24,8	24,6
Республика Бурятия	214,5	105,9	108,6	49,4
Республика Тыва	35,6	18,8	16,8	52,8
Республика Хакасия	126,0	83,7	42,3	66,4
Алтайский край	440,2	203,1	237,1	46,1
Забайкальский край	238,9	124,5	114,4	52,1
Красноярский край	2594,1	2355,8	238,3	90,8
Иркутская область	825,7	637,4	188,3	77,2
Кемеровская область	1528,4	1331,7	196,7	87,1
Новосибирская область	484,9	207,8	277,1	42,9
Омская область	396,4	204,0	192,4	51,5
Томская область	390,6	289,6	101,0	74,1
<b>Дальневосточный федеральный округ</b>	<b>1597,0</b>	<b>886,5</b>	<b>710,5</b>	<b>55,5</b>
Республика Саха (Якутия)	378,1	307,4	70,7	81,3
Камчатский край	75,6	23,4	52,2	30,9
Приморский край	420,6	189,5	231,1	45,1
Хабаровский край	248,1	103,3	144,8	41,6
Амурская область	227,7	132,3	95,4	58,1
Магаданская область	58,9	29,6	29,3	50,2
Сахалинская область	131,7	65,0	66,7	49,3
Еврейская автономная область	34,1	18,3	15,8	53,6
Чукотский автономный округ	22,3	17,8	4,5	79,9

Источник: <http://www.gks.ru/>

## Приложение Б

**ИНВЕСТИЦИИ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ, НАПРАВЛЕННЫЕ  
НА ОХРАНУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ в 2014 г.  
(в фактически действовавших ценах; миллионов рублей)**

	Всего	из них на:			
		охрану и рациональное использование водных ресурсов	охрану атмосферного воздуха	охрану и рациональное использование земель	охрану окружающей среды от вредного воздействия отходов производства и потребления
<b>Российская Федерация</b>	<b>158589</b>	<b>76315</b>	<b>55587</b>	<b>14493</b>	<b>7684</b>
<b>Центральный федеральный округ</b>	<b>17143,4</b>	<b>14337,1</b>	<b>1144,9</b>	<b>650,4</b>	<b>435,8</b>
Белгородская область	1201,7	272,8	11,8	306,3	110,9
Брянская область	1,4	1,4	-	-	-
Владимирская область	125,4	114,8	0,5	1,1	9,0
Воронежская область	947,4	929,1	5,2	-	-
Ивановская область	39,0	37,8	1,0	-	-
Калужская область	1237,6	814,1	213,9	197,5	0,1
Костромская область	37,3	1,2	26,4	-	-
Курская область	86,3	73,2	13,1	-	-
Липецкая область	1628,9	1146,8	243,8	-	238,3
Московская область	555,1	469,7	79,1	6,2	-
Орловская область	162,7	152,2	10,5	-	-
Рязанская область	412,1	47,8	301,4	37,1	-
Смоленская область	315,1	289,5	3,5	0,3	21,8
Тамбовская область	584,0	580,7	2,7	0,5	0,1
Тверская область	134,8	19,4	61,3	21,8	20,3
Тульская область	317,0	226,4	51,0	1,9	35,3
Ярославская область	415,1	242,7	99,2	73,2	-
г. Москва	8942,4	8917,3	20,5	4,5	-
<b>Северо-Западный федеральный округ</b>	<b>35247,1</b>	<b>11548,8</b>	<b>21771,8</b>	<b>619,1</b>	<b>948,2</b>
Республика Карелия	223,2	190,9	-	-	18,4
Республика Коми	6844,0	390,7	6254,1	119,8	60,7
Архангельская область	832,2	193,6	230,1	35,1	90,3
в том числе:					
Ненецкий автономный округ	347,2	43,8	-	18,8	2,7
Архангельская область без автономного округа	485,0	149,8	230,1	16,2	87,6
Вологодская область	3372,2	261,1	2262,3	112,4	736,3
Калининградская область	272,2	40,7	-	231,4	-
Ленинградская область	17364,4	4339,2	12917,1	52,3	20,0
Мурманская область	1449,9	1320,2	47,8	67,7	6,7

	Всего	из них на:			
		охрану и рациональное использование водных ресурсов	охрану атмосферного воздуха	охрану и рациональное использование земель	охрану окружающей среды от вредного воздействия отходов производства и потребления
Новгородская область	214,8	138,2	60,4	0,4	15,8
Псковская область	18,1	18,1	-	-	-
г. Санкт-Петербург	4656,1	4656,1	-	-	-
<b>Южный федеральный округ</b>	<b>13126,2</b>	<b>5216,3</b>	<b>5661,9</b>	<b>1985,5</b>	<b>111,3</b>
Республика Адыгея	346,0	-	-	346,0	-
Республика Калмыкия	105,5	65,4	-	37,9	-
Краснодарский край	2854,4	1579,1	87,2	1157,6	-
Астраханская область	313,1	102,5	1,4	87,0	3,6
Волгоградская область	5770,4	126,1	5560,6	29,0	54,6
Ростовская область	3736,8	3343,1	12,7	328,0	53,1
<b>Северо-Кавказский федеральный округ</b>	<b>2950,3</b>	<b>278,6</b>	<b>122,1</b>	<b>2543,6</b>	<b>0,2</b>
Республика Дагестан	10,6	8,9	-	1,7	-
Республика Ингушетия	258,7	-	-	258,7	-
Кабардино-Балкарская Республика	373,0	-	15,4	357,6	-
Карачаево-Черкесская Республика	116,9	116,9	-	-	-
Республика Северная Осетия – Алания	176,1	-	85,0	91,1	-
Чеченская Республика	209,2	0,7	0,4	204,5	-
Ставропольский край	1805,8	152,1	21,3	1630,0	0,2
<b>Приволжский федеральный округ</b>	<b>42464,5</b>	<b>26693,7</b>	<b>8695,5</b>	<b>4411,0</b>	<b>394,7</b>
Республика Башкортостан	6176,3	2864,2	1832,1	1180,3	97,9
Республика Марий Эл	2,6	-	-	2,6	-
Республика Мордовия	243,7	59,6	170,3	-	-
Республика Татарстан	4058,5	2262,3	829,8	781,2	42,0
Удмуртская Республика	335,2	128,6	18,8	168,0	15,0
Чувашская Республика	567,7	385,5	0,8	166,3	14,2
Пермский край	20229,0	17722,0	55,1	553,4	4,6
Кировская область	120,8	79,1	37,4	4,2	-
Нижегородская область	1932,5	867,5	855,3	188,8	20,6
Оренбургская область	2111,7	292,6	1630,4	142,2	46,5
Пензенская область	44,6	42,3	-	-	-
Самарская область	5915,8	1755,7	3089,6	1015,3	46,6

	Всего	из них на:			
		охрану и рациональное использование водных ресурсов	охрану атмосферного воздуха	охрану и рациональное использование земель	охрану окружающей среды от вредного воздействия отходов производства и потребления
Саратовская область	564,2	187,7	175,9	93,3	107,3
Ульяновская область	161,9	46,6	-	115,3	-
<b>Уральский федеральный округ</b>	<b>20417,3</b>	<b>6757,8</b>	<b>10687,3</b>	<b>1186,6</b>	<b>1672,6</b>
Курганская область	166,7	141,8	14,1	7,8	0,2
Свердловская область	4905,5	1789,2	2643,9	66,9	398,0
Тюменская область	12465,9	3336,0	6718,4	1088,6	1272,5
в том числе:					
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	5114,8	1215,1	2651,2	678,0	570,6
Ямало-Ненецкий автономный округ	3098,6	1612,5	848,3	374,8	212,7
Тюменская область без автономных округов	4252,4	508,4	3218,9	35,8	489,1
Челябинская область	2879,2	1490,8	1311,0	23,3	1,9
<b>Сибирский федеральный округ</b>	<b>17791,5</b>	<b>5673,8</b>	<b>6529,6</b>	<b>2449,4</b>	<b>2919,9</b>
Республика Алтай	116,3	0,2	-	95,8	-
Республика Бурятия	623,8	17,6	39,3	372,8	175,0
Республика Тыва	0,3	0,3	-	-	-
Республика Хакасия	104,0	68,7	13,5	17,8	0,1
Алтайский край	149,9	32,6	70,0	27,3	-
Забайкальский край	404,7	158,9	7,5	182,0	44,8
Красноярский край	7600,3	1576,7	3130,2	1003,9	1839,1
Иркутская область	1880,8	721,4	1043,0	18,8	97,6
Кемеровская область	2833,1	2025,7	67,6	14,1	720,7
Новосибирская область	837,0	518,5	125,2	79,0	26,4
Омская область	1465,6	471,5	515,9	478,0	0,1
Томская область	1775,7	81,6	1517,4	159,8	16,2
<b>Дальневосточный федеральный округ</b>	<b>9442,5</b>	<b>5802,4</b>	<b>974,0</b>	<b>647,4</b>	<b>1201,4</b>
Республика Саха (Якутия)	4311,3	3230,3	456,0	61,2	563,6
Камчатский край	367,0	90,0	-	-	-
Приморский край	1100,2	611,5	109,8	370,5	8,4
Хабаровский край	1245,6	686,3	124,6	132,2	0,6
Амурская область	507,3	406,5	-	31,7	67,3
Магаданская область	466,8	408,2	-	34,8	15,8
Сахалинская область	1224,9	360,2	283,4	0,1	544,6

	Всего	из них на:			
		охрану и рациональное использование водных ресурсов	охрану атмосферного воздуха	охрану и рациональное использование земель	охрану окружающей среды от вредного воздействия отходов производства и потребления
Еврейская автономная область	5,1	4,5	-	0,5	-
Чукотский автономный округ	214,3	4,9	0,2	16,5	1,1

Источник: <http://www.gks.ru/>

## Приложение В

ОБРАЗОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ  
ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ в 2014 г.  
(тысяч тонн)

	Образование отходов производства и потребления	Использование и обезвреживание отходов производства и потребления		Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию	
		всего	в % от общего объема образовавшихся отходов производства и потребления	всего	из них захоронено, в % от общего объема размещенных
<b>Российская Федерация</b>	<b>5168348</b>	<b>2357212</b>	<b>45,6</b>	<b>2951351</b>	<b>17,8</b>
<b>Центральный федеральный округ</b>	<b>256021</b>	<b>76971</b>	<b>30,1</b>	<b>168371</b>	<b>68,2</b>
Белгородская область	150345	39986	26,6	107511	99,3
Брянская область	1018	853	83,8	323	97,5
Владимирская область	4493	3774	84,0	8	2,3
Воронежская область	5827	3827	65,7	955	95,2
Ивановская область	395	140	35,5	562	99,1
Калужская область	5131	4851	94,5	826	23,3
Костромская область	1295	1124	86,8	180	69,0
Курская область	54580	2346	4,3	50443	0,2
Липецкая область	6832	5943	87,0	744	63,4
Московская область	6611	3628	54,9	2104	87,4
Орловская область	2324	1127	48,5	459	53,3
Рязанская область	1468	972	66,2	1481	80,3
Смоленская область	1078	388	36,0	470	97,9
Тамбовская область	3883	2657	68,4	348	90,0
Тверская область	1064	627	59,0	61	89,4
Тульская область	2941	2240	76,2	1182	67,8
Ярославская область	1266	911	71,9	567	93,3
г. Москва	5470	1575	28,8	147	0,9
<b>Северо-Западный федеральный округ</b>	<b>429066</b>	<b>69066</b>	<b>16,1</b>	<b>352445</b>	<b>87,5</b>
Республика Карелия	131272	7233	5,5	124011	99,6
Республика Коми	7423	1795	24,2	532	60,8
Архангельская область	69742	2717	3,9	67476	42,3
в том числе:					
Ненецкий автономный округ	141	84	59,7	335	97,8
Архангельская область без автономного округа	69601	2633	3,8	67141	42,1
Вологодская область	9060	7124	78,6	1636	12,6
Калининградская	765	176	23,1	597	53,3



	Образование отходов производства и потребления	Использование и обезвреживание отходов производства и потребления		Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию	
		всего	в % от общего объема образовавшихся отходов производства и потребления	всего	из них захоронено, в % от общего объема размещенных
область					
Ленинградская область	5045	4300	85,2	1998	98,3
Мурманская область	195323	41460	21,2	154005	98,2
Новгородская область	1630	1245	76,4	248	95,7
Псковская область	518	433	83,6	314	99,8
г. Санкт-Петербург	8291	2583	31,2	1 627	99,9
<b>Южный</b>					
<b>федеральный округ</b>	<b>23829</b>	<b>15506</b>	<b>65,1</b>	<b>7040</b>	<b>52,4</b>
Республика Адыгея	664	442	66,6	0	2,4
Республика Калмыкия	11	0	0,4	75	100,0
Краснодарский край	13671	9657	70,6	2522	25,3
Астраханская область	296	409	138,1 <sup>2)</sup>	113	88,3
Волгоградская область	2955	2 082	70,5	881	95,1
Ростовская область	6232	2915	46,8	3449	59,0
<b>Северо-Кавказский</b>					
<b>федеральный округ</b>	<b>1832</b>	<b>1241</b>	<b>67,7</b>	<b>1679</b>	<b>51,3</b>
Республика Дагестан	51	7	14,6	270	75,9
Республика Ингушетия	2	0	0,6	0	100,0
Кабардино-Балкарская Республика	39	7	17,9	584	0,0
Карачаево-Черкесская Республика	926	678	73,2	528	99,8
Республика Северная Осетия-Алания	192	132	68,5	114	97,6
Чеченская Республика	4	0	0,0	3	100,0
Ставропольский край	619	418	67,4	180	8,1
<b>Приволжский</b>					
<b>федеральный округ</b>	<b>157191</b>	<b>43360</b>	<b>27,6</b>	<b>127404</b>	<b>17,7</b>
Республика					
Башкортостан	26099	4538	17,4	34952	43,2
Республика Марий Эл	809	607	75,1	128	99,9
Республика Мордовия	1188	1235	104,0	124	97,4
Республика Татарстан	3379	2 499	74,0	945	70,9
Удмуртская Республика	1765	1153	65,3	159	29,2

	Образование отходов производства и потребления	Использование и обезвреживание отходов производства и потребления		Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию	
		всего	в % от общего объема образовавшихся отходов производства и потребления	всего	из них захоронено, в % от общего объема размещенных
Чувашская Республика	404	247	61,2	284	95,6
Пермский край	40998	13873	33,8	28889	3,6
Кировская область	1976	1477	74,8	644	66,8
Нижегородская область	2895	1777	61,4	291	86,0
Оренбургская область	63648	10224	16,1	53161	3,0
Пензенская область	3229	1232	38,2	1775	17,7
Самарская область	4804	2 622	54,6	2852	65,7
Саратовская область	5215	1154	22,1	3016	16,4
Ульяновская область	783	718	91,7	185	97,5
<b>Уральский федеральный округ</b>	<b>256870</b>	<b>119933</b>	<b>46,7</b>	<b>230908</b>	<b>2,1</b>
Курганская область	560	327	58,4	223	78,9
Свердловская область	176308	81310	46,1	186723	1,2
Тюменская область	6 224	4650	74,7	2099	61,2
в том числе:					
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	4 464	3309	74,1	999	70,6
Ямало-Ненецкий автономный округ	652	379	58,1	174	89,1
Тюменская область без автономных округов	1108	962	86,8	926	45,9
Челябинская область	73778	33647	45,6	41864	2,7
<b>Сибирский федеральный округ</b>	<b>3606615</b>	<b>1812757</b>	<b>50,3</b>	<b>1761299</b>	<b>1,7</b>
Республика Алтай	164	152	92,3	4	79,1
Республика Бурятия	54338	4177	7,7	52151	2,3
Республика Тыва	3782	2	0,0	3774	0,0
Республика Хакасия	170653	123986	72,7	48749	7,2
Алтайский край	2957	1022	34,5	1715	32,1
Забайкальский край	148579	62992	42,4	30220	58,6
Красноярский край	450064	401279	89,2	30875	2,5
Иркутская область	130032	152 049	116,9	9490	10,8
Кемеровская область	2640561	1065289	40,3	1580254	0,2
Новосибирская область	1950	701	35,9	1515	39,2
Омская область	2688	737	27,4	2141	21,2
Томская область	847	372	43,9	411	80,6
<b>Дальневосточный</b>	<b>435621</b>	<b>218323</b>	<b>50,1</b>	<b>300872</b>	<b>13,4</b>

	Образование отходов производства и потребления	Использование и обезвреживание отходов производства и потребления		Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию	
		всего	в % от общего объема образовавшихся отходов производства и потребления	всего	из них захоронено, в % от общего объема размещенных
<b>федеральный округ</b>					
Республика Саха (Якутия)	251354	113300	45,1	148318	0,3
Камчатский край	486	75	15,4	503	96,1
Приморский край	40720	3722	9,1	35041	4,9
Хабаровский край	103736	76575	73,8	86133	24,2
Амурская область	2712	109	4,0	2491	25,4
Магаданская область	9854	4241	43,0	5642	99,8
Сахалинская область	14277	13021	91,2	11759	2,6
Еврейская автономная область	201	107	53,3	772	96,0
Чукотский автономный округ	12283	7173	58,4	10213	91,7

Источник: <http://www.gks.ru/>

## Приложение Г

## ТЕКУЩИЕ ЗАТРАТЫ НА ОХРАНУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ в 2014 г.

(в фактически действовавших ценах, миллионов рублей)

	Всего	из них:				
		на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата	на сбор и очистку сточных вод	на обращение с отходами	на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод	на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий
<b>Российская Федерация</b>	<b>269839</b>	<b>50920</b>	<b>136468</b>	<b>55702</b>	<b>15266</b>	<b>350</b>
<b>Центральный федеральный округ</b>	<b>45106</b>	<b>6075</b>	<b>27726</b>	<b>8931</b>	<b>981</b>	<b>69</b>
Белгородская область	5378	1082	2668	1480	103	7
Брянская область	720	68	317	286	39	-
Владимирская область	1281	154	800	257	67	-
Воронежская область	2870	688	1083	889	96	3
Ивановская область	369	35	263	53	7	0,2
Калужская область	848	165	497	110	11	-
Костромская область	540	46	390	79	22	0,0
Курская область	2151	82	1542	279	5	0,4
Липецкая область	2606	400	955	1115	63	0,1
Московская область	8541	977	5694	1295	299	20
Орловская область	427	45	301	72	6	-
Рязанская область	1772	253	1361	140	11	-
Смоленская область	687	53	452	59	31	0,2
Тамбовская область	694	120	395	155	21	0,4
Тверская область	982	146	612	174	15	0,1
Тульская область	2673	455	1602	411	113	36
Ярославская область	3092	812	2073	195	6	-
г. Москва	9473	493	6720	1881	68	2
<b>Северо-Западный федеральный округ</b>	<b>28282</b>	<b>3595</b>	<b>14565</b>	<b>6572</b>	<b>691</b>	<b>28</b>
Республика Карелия	1942	58	1029	840	11	-
Республика Коми	2019	191	1317	391	50	1
Архангельская область	3416	1263	1164	479	74	6
в том числе:						
Ненецкий автономный округ	550	257	11	192	59	3
Архангельская область без автономного округа	2866	1005	1153	286	15	3
Вологодская область	2400	344	1447	517	17	5
Калининградская область	806	35	495	55	15	0,2
Ленинградская область	5848	278	3063	1303	394	14
Мурманская область	5715	913	2039	1542	103	0,0
Новгородская область	1052	163	621	244	4	2

	Всего	из них:				
		на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата	на сбор и очистку сточных вод	на обращение с отходами	на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод	на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий
Псковская область	540	21	298	204	7	-
г. Санкт-Петербург	4544	329	3093	998	15	0,0
<b>Южный федеральный округ</b>	<b>16720</b>	<b>2373</b>	<b>7143</b>	<b>5958</b>	<b>306</b>	<b>53</b>
Республика Адыгея	52	5	34	8	2	-
Республика Калмыкия	12	2	4	1	2	0,3
Краснодарский край	6618	654	1502	4185	122	52
Астраханская область	2707	549	1141	506	52	0,2
Волгоградская область	3634	933	2173	324	113	0,7
Ростовская область	3697	230	2288	934	15	-
<b>Северо-Кавказский федеральный округ</b>	<b>2560</b>	<b>355</b>	<b>1671</b>	<b>383</b>	<b>58</b>	<b>0,4</b>
Республика Дагестан	116	24	10	42	9	0,2
Республика Ингушетия	28	0,0	8	20	0,0	-
Кабардино-Балкарская Республика	98	23	69	3	1	0,0
Карачаево-Черкесская Республика	247	84	81	81	0,2	0,0
Республика Северная Осетия – Алания	135	77	46	10	1	0,2
Чеченская Республика	49	-	-	0,2	0,1	-
Ставропольский край	1887	147	1457	227	46	0,0
<b>Приволжский федеральный округ</b>	<b>62639</b>	<b>11859</b>	<b>36590</b>	<b>9235</b>	<b>3514</b>	<b>31</b>
Республика Башкортостан	12191	1504	9350	1176	102	0,5
Республика Марий Эл	485	19	335	126	3	0,3
Республика Мордовия	2450	122	1734	175	23	0,4
Республика Татарстан	12973	3254	5455	1735	2506	1
Удмуртская Республика	1540	237	870	243	132	0,5
Чувашская Республика	891	141	519	178	5	1
Пермский край	5956	1265	3392	1169	41	6
Кировская область	2680	794	1612	219	4	1
Нижегородская область	5707	433	4485	609	35	0,2
Оренбургская область	3593	1207	1557	317	384	1

	Всего	из них:				
		на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата	на сбор и очистку сточных вод	на обращение с отходами	на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод	на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий
Пензенская область	955	184	469	229	56	6
Самарская область	8796	1756	4170	2623	80	9
Саратовская область	3061	803	1720	207	98	3
Ульяновская область	1359	139	923	229	47	0,3
<b>Уральский федеральный округ</b>	<b>47488</b>	<b>13885</b>	<b>21082</b>	<b>5030</b>	<b>5516</b>	<b>5</b>
Курганская область	721	43	604	66	6	0,1
Свердловская область	11238	2655	5612	1771	212	1
Тюменская область	26808	8005	10729	2751	4812	3
в том числе:						
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	20176	6552	7352	1656	4217	0,6
Ямало-Ненецкий автономный округ	4631	1255	2226	574	482	2
Тюменская область без автономных округов	2001	198	1152	521	112	0,4
Челябинская область	8721	3182	4137	442	486	0,6
<b>Сибирский федеральный округ</b>	<b>52600</b>	<b>11050</b>	<b>20684</b>	<b>17209</b>	<b>1747</b>	<b>119</b>
Республика Алтай	55	2	44	8	0,9	-
Республика Бурятия	718	233	350	113	13	2
Республика Тыва	108	2	79	16	6	0,3
Республика Хакасия	1430	796	436	178	11	0,6
Алтайский край	891	48	695	76	44	0,8
Забайкальский край	972	147	377	231	196	3
Красноярский край	21571	3652	5682	11008	548	74
Иркутская область	9330	1377	3999	3615	104	36
Кемеровская область	10224	3240	5314	1337	268	-
Новосибирская область	805	198	344	171	5	0,0
Омская область	3027	385	2484	100	50	1
Томская область	3469	972	881	356	502	0,0
<b>Дальневосточный федеральный округ</b>	<b>13894</b>	<b>1668</b>	<b>6625</b>	<b>2313</b>	<b>2446</b>	<b>35</b>
Республика Саха (Якутия)	6461	835	2926	811	1805	1
Камчатский край	323	6	240	57	7	0,5
Приморский край	1969	162	1036	278	97	2
Хабаровский край	2180	364	1418	150	107	14
Амурская область	535	74	217	64	155	13
Магаданская область	616	45	370	148	32	-
Сахалинская область	1420	172	267	701	181	5

	Всего	из них:				
		на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата	на сбор и очистку сточных вод	на обращение с отходами	на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод	на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий
Еврейская автономная область	151	1	128	14	7	0,0
Чукотский автономный округ	238	8	21	90	55	0,6

Источник: <http://www.gks.ru/>

## Приложение Д

**ЗАБОР ВОДЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, ПОТЕРИ ВОДЫ  
И СБРОС СТОЧНЫХ ВОД в 2014 г.  
(миллионов кубических метров)**

	Забор воды из природных водных источников в для использова ния	Потери воды при транспо ртировке	Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты			Объем оборотного и последовате льного использова ния воды
			Всего	из них загрязненных сточных вод		
				всего	в % к общему объему сброса	
<b>Российская Федерация</b>	<b>63164,2</b>	<b>7695,6</b>	<b>43890,8</b>	<b>14767,9</b>	<b>33,6</b>	<b>136590,3</b>
<b>Центральный федеральный округ</b>	<b>10584,0</b>	<b>607,0</b>	<b>7911,9</b>	<b>3328,3</b>	<b>42,1</b>	<b>37451,4</b>
Белгородская область	259,5	20,5	117,8	66,8	56,7	1655,7
Брянская область	110,8	13,0	70,9	61,6	86,8	35,1
Владимирская область	163,2	11,9	113,4	110,5	97,4	247,5
Воронежская область	421,9	31,4	249,0	121,9	49,0	3317,6
Ивановская область	138,2	6,4	113,5	82,2	72,4	100,7
Калужская область	143,8	22,1	92,7	89,5	96,6	122,5
Костромская область	2092,7	16,7	1922,8	37,1	1,9	420,7
Курская область	239,7	9,9	99,9	14,4	14,5	6145,4
Липецкая область	169,7	27,6	83,6	79,1	94,6	2138,7
Московская область	3455,4	310,8	1654,8	1121,9	67,8	3112,1
Орловская область	91,5	7,7	64,2	54,2	84,5	321,1
Рязанская область	167,5	4,7	134,9	81,1	60,2	1452,2
Смоленская область	166,6	13,4	66,6	57,6	86,4	5453,6
Тамбовская область	105,9	10,5	53,5	38,0	70,9	223,8
Тверская область	1592,0	31,4	1477,4	85,5	5,8	6156,1
Тульская область	301,1	48,3	174,6	171,1	98,0	2095,8
Ярославская область	230,9	20,9	193,5	193,0	99,7	225,1
г. Москва <sup>2)</sup>	733,7	0,1	1228,8	862,9	70,2	4227,8
<b>Северо-Западный федеральный округ</b>	<b>10298,7</b>	<b>251,6</b>	<b>10299,2</b>	<b>2673,5</b>	<b>26,0</b>	<b>10832,5</b>
Республика Карелия	201,8	8,0	253,7	222,4	87,7	978,5
Республика Коми	469,6	7,1	423,6	107,6	25,4	1497,2
Архангельская область	631,6	41,5	642,8	335,9	52,3	854,3
в том числе:						
Ненецкий автономный округ	9,4	0,1	2,2	0,0	0,4	5,8
Архангельская область без автономного округа	622,2	41,4	640,5	335,9	52,4	848,5
Вологодская область	494,6	13,1	446,8	137,4	30,8	3686,9
Калининградская область	119,3	10,1	123,4	102,8	83,3	495,4
Ленинградская область	5515,3	51,0	5303,0	271,0	5,1	1037,2
Мурманская область	1577,9	19,4	1704,3	330,5	19,4	904,2
Новгородская область	100,2	10,4	78,4	74,8	95,4	611,4
Псковская область	179,5	5,3	171,5	37,0	21,5	4,3
г. Санкт-Петербург	1009,1	85,6	1151,8	1054,1	91,5	763,1



	Забор воды из природных водных источников в для использования	Потери воды при транспортировке	Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты			Объем оборотного и последовательного использования воды
			Всего	из них загрязненных сточных вод		
				всего	в % к общему объему сброса	
<b>Южный федеральный округ</b>	<b>9190,0</b>	<b>2078,2</b>	<b>4823,4</b>	<b>1306,3</b>	<b>27,1</b>	<b>7049,4</b>
Республика Адыгея	170,9	26,3	178,9	24,4	13,7	27,9
Республика Калмыкия	32,9	24,0	18,5	14,3	77,0	0,2
Краснодарский край	4115,3	1108,1	2966,4	832,9	28,1	1706,3
Астраханская область	785,5	28,3	128,8	50,2	38,9	245,6
Волгоградская область	886,7	150,3	149,0	122,6	82,3	1433,5
Ростовская область	3198,7	741,2	1381,9	262,0	19,0	3635,9
<b>Северо-Кавказский федеральный округ</b>	<b>9971,1</b>	<b>3331,1</b>	<b>3025,7</b>	<b>367,8</b>	<b>12,2</b>	<b>855,5</b>
Республика Дагестан	3916,7	1090,8	748,3	77,7	10,4	17,5
Республика Ингушетия	184,8	33,6	3,8	3,8	100	0,0
Кабардино-Балкарская Республика	818,8	234,3	37,5	29,0	77,3	15,2
Карачаево-Черкесская Республика	2309,0	375,2	46,4	41,4	89,3	26,5
Республика Северная Осетия - Алания	964,2	287,0	117,4	83,6	71,3	18,8
Чеченская Республика	315,9	98,6	15,2	0,0	0,0	0,0
Ставропольский край	1461,8	1211,6	2057,2	132,2	6,4	777,5
<b>Приволжский федеральный округ</b>	<b>8778,7</b>	<b>503,2</b>	<b>7024,2</b>	<b>2561,7</b>	<b>36,5</b>	<b>28099,7</b>
Республика Башкортостан	807,8	45,8	483,5	297,9	61,6	4761,3
Республика Марий Эл	76,0	1,9	56,2	49,8	88,5	200,0
Республика Мордовия	62,1	4,5	33,8	33,8	99,9	224,1
Республика Татарстан	786,8	61,7	687,8	439,4	63,9	4635,1
Удмуртская Республика	306,1	20,7	142,5	116,1	81,4	341,1
Чувашская Республика	104,5	3,1	75,6	9,0	11,9	475,9
Пермский край	2193,3	55,0	2079,8	397,8	19,1	1685,8
Кировская область	195,8	3,2	148,8	146,3	98,3	1041,0
Нижегородская область	947,9	67,9	892,5	396,9	44,5	1586,8
Оренбургская область	1515,6	29,8	1362,8	115,9	8,5	1742,6
Пензенская область	222,2	28,6	188,7	95,4	50,6	71,2
Самарская область	839,0	89,8	562,9	346,5	61,5	3188,2
Саратовская область	546,3	75,6	208,0	16,5	7,9	7464,3
Ульяновская область	175,4	15,7	101,2	100,5	99,3	682,5

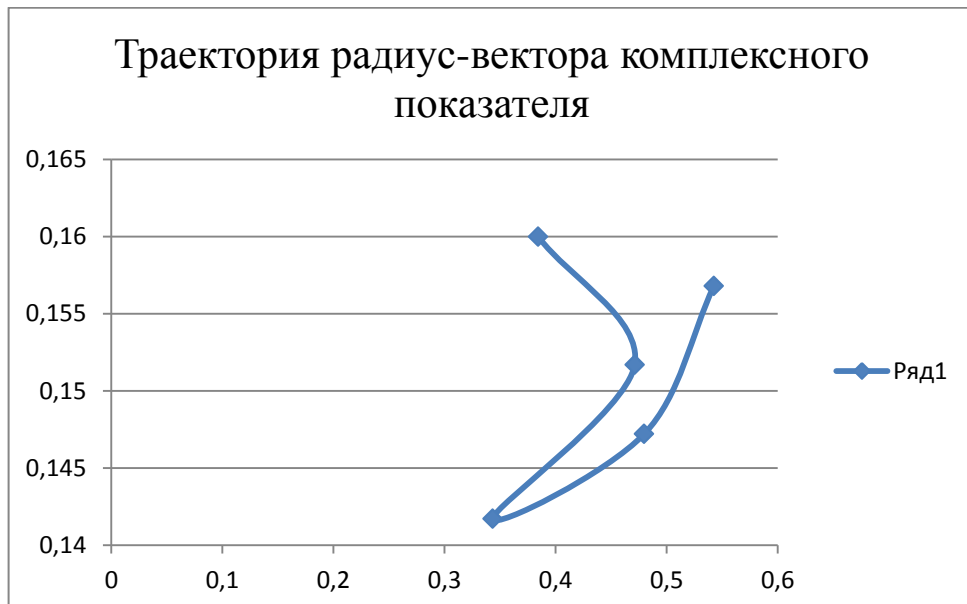
	Забор воды из природных водных источников в для использования	Потери воды при транспортировке	Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты			Объем оборотного и последовательного использования воды
			Всего	из них загрязненных сточных вод		
				всего	в % к общему объему сброса	
<b>Уральский федеральный округ</b>	<b>4749,1</b>	<b>288,7</b>	<b>3022,2</b>	<b>2040,7</b>	<b>67,5</b>	<b>29757,4</b>
Курганская область	72,4	19,5	38,7	38,5	99,6	303,7
Свердловская область	914,2	120,8	949,4	667,0	70,3	10831,0
Тюменская область	3063,7	43,1	1224,0	656,2	53,6	10034,0
в том числе:						
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	2422,8	11,9	845,5	545,1	64,5	8459,9
Ямало-Ненецкий автономный округ	228,7	11,7	39,3	22,4	57,0	320,9
Тюменская область без автономных округов	412,3	19,5	339,2	88,7	26,2	1253,2
Челябинская область	698,8	105,4	810,0	678,9	83,8	8588,7
<b>Сибирский федеральный округ</b>	<b>7397,7</b>	<b>374,9</b>	<b>6310,7</b>	<b>1749,6</b>	<b>27,7</b>	<b>15997,4</b>
Республика Алтай	7,6	0,8	3,2	0,4	10,9	5,8
Республика Бурятия	537,3	17,0	544,7	37,9	7,0	272,7
Республика Тыва	53,2	7,7	8,0	7,4	92,5	16,2
Республика Хакасия	86,2	20,0	79,9	30,2	37,8	454,2
Алтайский край	427,9	18,8	290,0	10,7	3,7	827,5
Забайкальский край	247,4	11,2	197,2	30,8	15,6	1059,2
Красноярский край	2031,3	83,2	1676,9	366,7	21,9	3098,5
Иркутская область	855,7	54,3	784,8	500,0	63,7	2533,3
Кемеровская область	1775,3	47,5	1704,0	478,3	28,1	4765,6
Новосибирская область	617,7	51,1	500,6	109,4	21,8	903,6
Омская область	251,9	46,1	154,2	151,8	98,4	1294,1
Томская область	506,2	17,4	367,2	26,3	7,2	766,9
<b>Дальневосточный федеральный округ</b>	<b>1818,5</b>	<b>156,0</b>	<b>1310,2</b>	<b>669,2</b>	<b>51,1</b>	<b>6326,2</b>
Республика Саха (Якутия)	172,6	11,9	134,3	79,0	58,8	1250,7
Камчатский край	172,4	11,8	136,6	25,8	18,9	9,5
Приморский край	679,7	62,3	406,3	290,4	71,5	2029,6
Хабаровский край	385,4	32,2	322,7	167,3	51,8	1380,5
Амурская область	82,2	7,3	80,9	44,6	55,2	811,5
Магаданская область	85,1	2,0	53,0	14,3	26,9	445,4
Сахалинская область	186,6	24,9	141,0	30,2	21,4	220,3
Еврейская автономная область	28,3	3,1	12,9	12,9	100	5,6
Чукотский автономный округ	26,5	0,5	22,6	4,9	21,5	173,2

Источник: <http://www.gks.ru/>



*Рисунок Е.1 – Динамика изменения компонент интегрального комплексного показателя Ивановской области*

*Источник: построено автором*



*Рисунок Е.2 – Траектория радиус вектора интегрального комплексного показателя Ивановской области за 5 лет с 2010 года*

*Источник: построено автором*

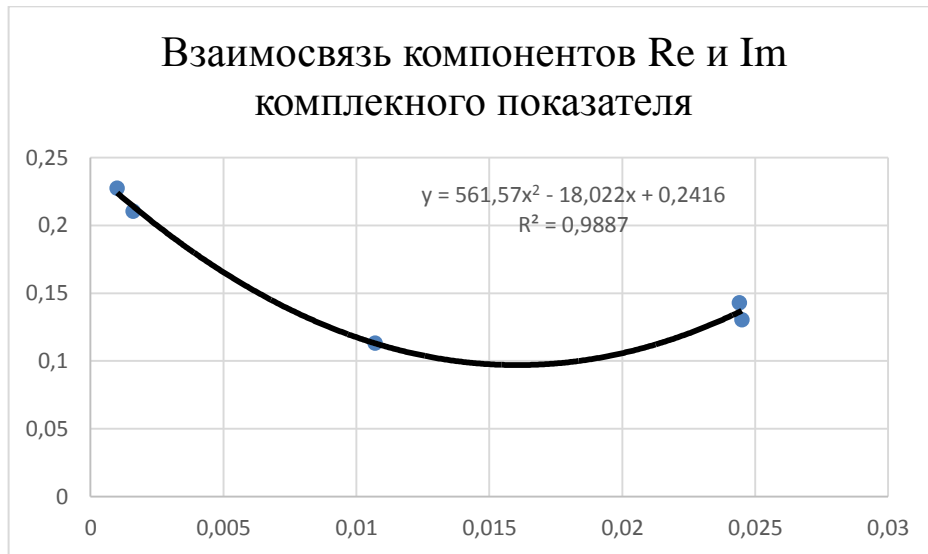


Рисунок Е.3 – Взаимосвязь компонентов Re и Im интегрального комплексного показателя Ивановской области за 5 лет с 2010 года

Источник: построено автором

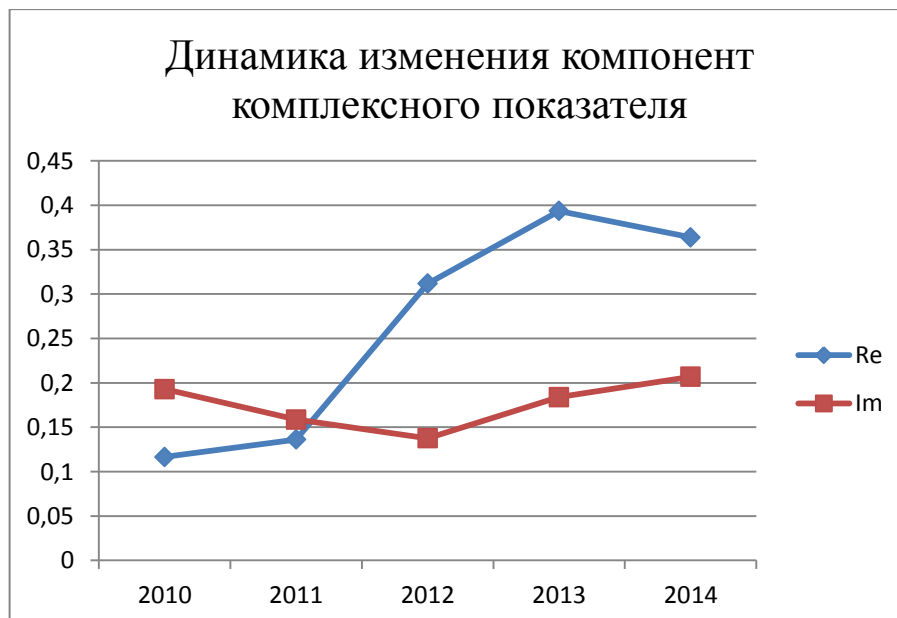


Рисунок Е.4 – Динамика изменения компонент интегрального комплексного показателя Воронежской области

Источник: построено автором

Приложение Е  
(окончание)

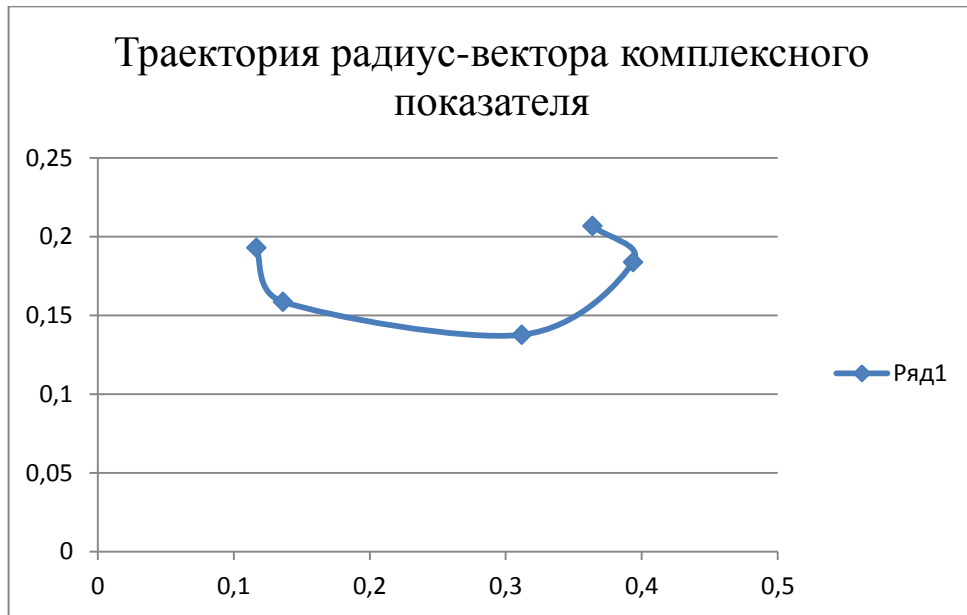


Рисунок Е.5 – Траектория радиус вектора интегрального комплексного показателя Воронежской области за 5 лет с 2010 года

Источник: построено автором

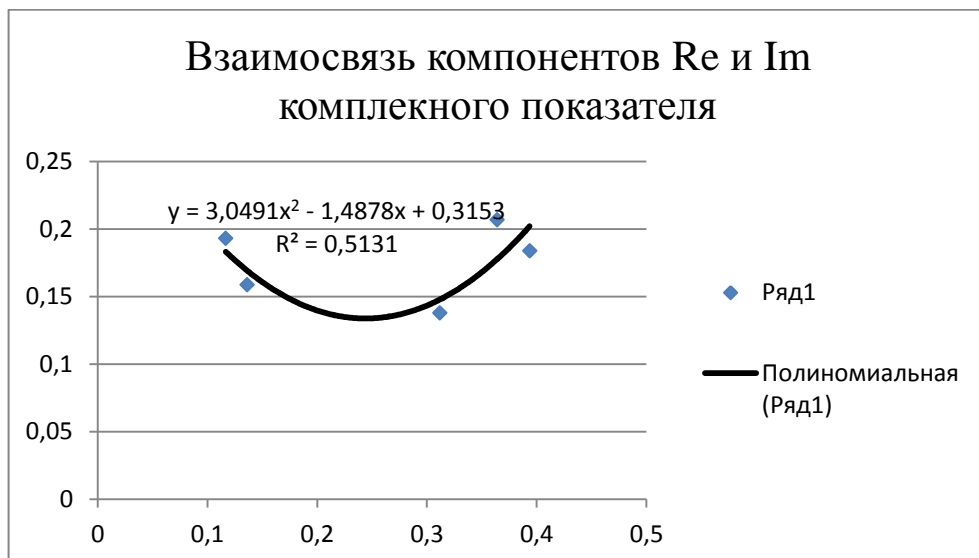


Рисунок Е.6 – Взаимосвязь компонентов Re и Im интегрального комплексного показателя Воронежской области за 5 лет с 2010 года

Источник: построено автором