

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

Объект авторского права
УДК 004.9; 504.03; 504.064; 330.47

РЫБАК
Виктор Александрович

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук
по специальности 05.13.01 – Системный анализ,
управление и обработка информации

Минск 2023

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Научный консультант

Войтов Игорь Витальевич,

доктор технических наук, профессор, ректор учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты:

Абламейко Сергей Владимирович,

доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси, профессор кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования Белорусского государственного университета

Кругликов Сергей Владимирович,

доктор военных наук, доцент, генеральный директор государственного научного учреждения «Объединённый институт проблем информатики НАН Беларуси»

Наркевич Иван Петрович,

доктор технических наук, доцент, заведующий отделом международного научного сотрудничества и климата Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия «Бел НИЦ «Экология»

Оппонирующая организация

Белорусский национальный технический университет

Защита состоится «30» марта 2023 г. в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.15.01 при учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, ул. П. Бровки, 6, корп. 1, ауд. 232, тел.: (017) 293 89 89, e-mail: dissovet@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Автореферат разослан « 27 » февраля 2023 г.

И.о. учёного секретаря совета
по защите диссертаций
доктор технических наук, профессор

М. М. Татур

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время вопросам взаимодействия человека и окружающей среды (ОС) уделяется большое внимание. Это связано прежде всего с необходимостью ограничения возрастающего антропогенного воздействия на фоне увеличения численности населения планеты и потребления природных ресурсов.

Эффективность процессов принятия решений существенно зависит от степени использования постоянно возрастающего объёма информации, имеющейся в распоряжении лица, принимающего решение. Удовлетворить современные требования к качеству принимаемых решений можно путём интеллектуализации средств принятия решений.

Для принятия своевременных и адекватных мер в области рационального природопользования и охраны ОС необходимо обладать точной информацией о природно-ресурсном потенциале территорий. Поэтому видится достаточно актуальным создание интегрированного решения, которое бы позволяло пользователям получать информацию из централизованного хранилища данных.

Для автоматизации процесса государственной экологической экспертизы (ГЭЭ), призванной ограничить возможное неблагоприятное воздействие на ОС, актуальна разработка методов и средств, которые позволят обеспечить повышение эффективности принимаемых решений.

Вместе с тем целесообразным видится создание методов и программных средств автоматизации мониторинга параметров экологичности инновационных проектов для осуществления их анализа ещё на стадии разработки. Не снижая важности существующих показателей экономической эффективности проектов, актуальным представляется разработка и обоснование новых эколого-ориентированных параметров для анализа и оценок развития экономики с позиций рационального природопользования.

Для задач принятия решений в социально-экологических системах необходимо разрабатывать и использовать информационно-аналитические интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР). Отличительной особенностью таких систем является наличие в их составе средств аналитической обработки данных, основанных на технологиях искусственного интеллекта (нейронные сети, генетические алгоритмы, мягкие вычисления и др.).

Основой для СППР должна выступать объективная количественная оценка влияния антропогенного воздействия на окружающую среду, комплексно учитывающая состояние основных природных компонентов, а не только атмосферного воздуха (как предлагает ряд авторов).

Исследованиями указанных вопросов занимались М.А. Гатих, И.В. Войтов,

А.Н. Морозевич, В.В. Дмитриев, А.А. Музалевский, А.О. Недосекин, И.Г. Черноруцкий, В.В. Глухов, В.Г. Бурлов, В.В. Матвеев и другие, однако разработка методов и технологий управления информацией о состоянии и использовании природных ресурсов (ПР) в народном хозяйстве, анализа, оценки и прогнозирования экологического состояния основных природных сред и ОС в целом, разработка и реализация на этой основе эффективных природоохранных мероприятий, методов их социально-экономической оценки и создание систем поддержки принимаемых решений остаётся важной научной проблемой мирового уровня.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь, и связана со следующими программами:

ГНТП «Экологическая безопасность»:

– задание 8.2.14 «Разработать и внедрить автоматизированную систему сетевого типа для государственной экологической экспертизы проектов водохозяйственного строительства (АИС «Экспертиза-2004»)), 2004 г., № ГР 20032183;

– задание 8.3.3 «Разработать научно-методические основы формирования и ведения системы государственных кадастров природных ресурсов (АИС НМО «Кадастры»)), 2004–2005 гг., № ГР 20043036;

– задание 5.2.7 «Разработать методику измерения содержания озона в приземном слое атмосферы и План действий по снижению влияния его на респираторную заболеваемость детей г. Минска», 2005 г., № ГР 20031475;

– задание 2.1.6 «Оценить состояние водного режима и качества вод водной системы р. Свислочь – Осиповичское водохранилище и разработать научное обоснование нормирования отведения сточных вод с учётом различных прогнозов водопользования», 2011–2013 гг., № ГР 20112818.

Государственная программа информатизации Республики Беларусь «Электронная Беларусь» – задание 55 «Разработать и внедрить автоматизированную систему формирования и ведения государственных кадастров природных ресурсов (АИС «Кадастры»)), 2004 г., № ГР 20015038.

В соответствии с Пунктом 2.2 Указа Президента Республики Беларусь от 28 июля 2003 г. № 332 «Об утверждении генеральных планов городов Бреста, Витебска, Гомеля, Гродно и Могилёва» выполнены:

– задание по договору № 2005/76 «Территориальная схема охраны окружающей среды города Бреста и Брестского района», 2005–2006 гг., № ГР 20051011;

– задание по договору № 2006/39 «Территориальная схема охраны окружающей

среды города Могилёва и района», 2005–2006 гг., № ГР 20051010, № 20062939;

– задание по договору № 2005/131 «Территориальная Схема охраны окружающей среды г. Гомеля и прилегающего района», 2005–2006 гг., № ГР 20062597;

– задание по договору № 2005 «Разработка территориальной схемы охраны окружающей среды г. Витебска и Витебского района», 2005–2006 гг., № ГР 20063546;

– задание по договору № 2005/94 «Территориальная схема охраны окружающей среды города Гродно и Гродненского района», 2005–2006 гг., № ГР20051068.

В соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1557 от 8 декабря 2004 г. «Об утверждении генеральных планов городов Барановичи, Новополоцка, Полоцка» выполнено задание по договору № 78 (2006/66) «Разработка территориальной схемы охраны окружающей среды г. Полоцка», 2005–2006 гг., № ГР 20066549.

Другие задания:

– задание по договору № 64/75/9.1/06 «Разработка программного обеспечения для аналитической обработки данных по осуществлению государственного контроля в области охраны окружающей среды», 2006–2007 гг., № ГР 20072908;

– задание по договору № 4/7/1.1.3/10 «Выбор и обоснование критериев оценки эффективности управленческой деятельности в области рационального природопользования», 2010 г., № ГР 20101146;

– задание по договору № 13 «Разработать научно-методические принципы прогнозирования ресурсобеспеченности технологических процессов инновационных производств», 2010–2011 гг., № ГР 20102144;

– задание 4.3.1 «Провести исследования по уточнению самоочищающей способности водотоков на трансграничных участках и подготовить справочники» в рамках задания проекта 4.3 «Совершенствование технологий оперативного прогнозирования загрязнения природной среды, обусловленного техногенными катастрофами и авариями» программы Союзного государства «Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодных-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды» на 2007–2011 гг.

Авторские разработки использованы в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь, утверждённой Указом Президента Республики Беларусь от 26 марта 2007 г. № 136, Национальном плане действий по охране окружающей среды на 2006–2010 гг., утверждённом Указом Президента Республики Беларусь от 5 мая 2006 г. № 302, научно-технической программе Союзного государства: «Разработка базовых элементов, технологий создания и применения орбитальных и наземных средств многофункциональной космической системы «Космос-НТ» (мероприятие 1.2 «Разработать мобильную систему мониторинга состояния воздушной среды в аварийных ситуациях»), «Разработать

экспериментальную технологию и программный комплекс мониторинга русловых процессов и гидрологического режима рек с использованием данных ДЗЗ» (мероприятие 2.5 программы Союзного государства «Разработка космических и наземных средств обеспечения потребителей России и Беларуси информацией дистанционного зондирования Земли» («Мониторинг-СГ»)).

Цель, задачи, объект и предмет исследования

Целью исследования является повышение эффективности управления рациональным природопользованием на основе методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений.

Для достижения поставленной цели были решены следующие основные **задачи**:

- разработать методику управления кадастрами природных ресурсов;
- разработать алгоритмы комплексной и интегральной оценки влияния антропогенного воздействия на природную среду урбанизированных территорий;
- разработать и программно реализовать методику автоматизации экологической экспертизы проектов;
- разработать методику оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий;
- разработать методику оценки, анализа и оптимизации параметров рационального природопользования инновационных проектов;
- разработать теоретические основы и методы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в социально-экологических системах;
- разработать технологию мониторинга русловых процессов и гидрологического режима рек с использованием данных дистанционного зондирования земли;
- апробировать разработанные методы, методики, алгоритмы и программные средства для управления и поддержки принятия решений в социально-экологических системах.

Объектом исследования в диссертационной работе явились современные социально-экологические системы.

Предмет исследования – методы и алгоритмы поддержки принятия решений.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем.

1. *Разработана методика* управления кадастрами природных ресурсов, отличающаяся автоматизацией этапов сбора, хранения, обработки и отображения предметной информации с учётом метаданных, что позволило повысить

оперативность, снизить трудоёмкость доступа к своевременной и объективной информации.

2. *Разработаны алгоритмы* количественной оценки антропогенного воздействия, отличающиеся набором учитываемых показателей, способом их расчёта и агрегирования, позволяющие дифференцировать территории для адресной разработки соответствующих природоохранных мероприятий и повысить эффективность управления качеством окружающей среды социально-экологических систем.

3. *Разработана и реализована методика*, позволяющая формализовать и автоматизировать задачи всех этапов выполнения государственной экологической экспертизы и отличающаяся перечнем информационного и программного обеспечения, что позволяет увеличить производительность труда специалистов, выполняющих ГЭЭ, повысить качество и обеспечить современный уровень принимаемых решений.

4. *Разработана методика* расчёта эффективности природоохранных мероприятий, отличающаяся комплексным учетом изменения состояний основных природных компонентов и социального эффекта от снижения уровня заболеваемости населения вследствие улучшения качества окружающей среды, что позволяет повысить эффективность затрат на природоохранные мероприятия.

5. *Разработана методика* оценки, анализа и оптимизации основных показателей эколого-экономического развития экономики с позиций рационального природопользования и охраны окружающей среды, отличающаяся набором и способом расчёта учитываемых показателей, что позволило дифференцировать государственных заказчиков в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь для установления приоритетности их финансирования.

6. *Разработаны методы и средства* создания и использования систем поддержки принятия решений в области охраны окружающей среды на основе генетических алгоритмов и теории нечётких множеств, что позволяет повысить оперативность нахождения приемлемой альтернативы в 19 раз при погрешности 1,0 %. При этом предложенная нейро-нечёткая система до 11 % точнее выявляет сложные зависимости в системе «окружающая среда – здоровье населения» по сравнению с линейной, квадратичной и полиномиальной моделями.

7. *Разработан метод* прогнозирования эколого-экономических параметров на основе теории нечётких множеств, отличающийся учётом фактора неопределённости и использованием экспертных оценок для получения адекватных экстраполяционных моделей, что позволяет получить приемлемую точность прогнозирования на уровне до 96 % в условиях недостаточности статистической информации для обоснованного применения вероятностных методов.

8. *Разработаны методы и средства мониторинга русловых процессов и гидрологического режима рек на основе данных дистанционного зондирования земли для предотвращения потерь территорий, отличающиеся использованием картосхем, космоснимков и алгоритмов анализа, что позволяет повысить вероятность обнаружения зон повышенного экологического риска и проблемных участков абразионных берегов.*

Положения, выносимые на защиту

1. *Методика управления кадастрами природных ресурсов, состоящая из этапов разработки структуры предметных баз данных, программного, информационного и организационного обеспечения, позволяющая предоставлять пользователям доступ к данным с повышенной производительностью и снижением трудовых затрат за счёт унификации методов сбора, хранения, обработки и отображения информации.*

2. *Алгоритм интегральной оценки влияния антропогенного воздействия на природную среду урбанизированных территорий, основанный на функционально-экологическом зонировании и балльной оценке состояния отдельных компонентов, отличающийся составом учитываемых показателей (атмосферный воздух, почвенный покров, водные ресурсы, зелёные насаждения, уровень радиационного загрязнения, шума, объём накопления отходов), методами их расчёта и агрегирования, позволяющий районировать территории и осуществлять количественную оценку их состояния для управления качеством окружающей среды.*

3. *Методика автоматизации экологической экспертизы проектов, основанная на формализации задач всех этапов процесса, позволяющая повысить производительность и качество труда экспертов и обеспечить эффективность принимаемых решений за счёт использования разработанного комплекса программных средств.*

4. *Методика оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий, отличающаяся перечнем компонентов и способами их расчёта, позволяющая комплексно учитывать как изменения состояний основных природных сред, так и социальный эффект, выражающийся в снижении уровня заболеваемости населения вследствие улучшения качества окружающей среды.*

5. *Методика анализа, оценки и оптимизации параметров рационального природопользования инновационных проектов, включающая математическое и информационное обеспечение для расчета экологических показателей, формализации повышения эффективности инновационного развития, программные средства автоматизации сбора, хранения и обработки параметров экологичности (в рамках Государственной программы инновационного развития*

Республики Беларусь), позволившая сократить временные затраты при обработке данных для реализуемых инновационных проектов на 55–60 %.

6. *Метод прогнозирования параметров инновационных проектов*, отличающийся использованием теории нечётких множеств, позволяющий учесть фактор неопределённости при принятии решений и использовать экспертные оценки для получения адекватных экстраполяционных моделей.

7. *Теоретические основы и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений* в социально-экологических системах, отличающиеся применением теории нечётких множеств, генетических алгоритмов и нейро-нечёткого моделирования, позволяющие производить обоснованный выбор наиболее предпочтительной альтернативы и осуществлять решение задач оптимизации в области охраны окружающей среды до 19 раз быстрее с погрешностью 1 %.

8. *Методика выявления проблемных участков водотоков и алгоритм оценки эколого-экономической эффективности* в составе технологии мониторинга русловых процессов и гидрологического режима рек с использованием данных дистанционного зондирования земли, позволяющие осуществлять контроль и прогнозирование степени устойчивости русел для снижения и предотвращения потерь земель в результате речной абразии.

Личный вклад соискателя учёной степени

Основные положения, выносимые на защиту, получены соискателем лично. Вклад научного консультанта связан с постановкой цели и задач исследований, обсуждением результатов, полученных соискателем. В представленных публикациях с соавторами вклад соискателя определяется рамками излагаемых в диссертации результатов. Результаты, полученные соавторами публикаций, в диссертацию не вошли.

Апробация диссертации и информация об использовании её результатов

Основные результаты исследований и положения диссертации доложены и обсуждены на научно-методической конференции «Научно-методические проблемы совершенствования подготовки специалистов» (Минск, 1999); IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности» (Россия, С.-Петербург, 1999); III и IV Республиканских научных конференциях студентов и аспирантов (Гомель, 2000, 2001); III международной научно-технической конференции «Электроника XXI век» (Россия, Зеленоград, 2000); Республиканской научно-методической конференции «Проблемы и пути развития высшего технического образования» (Минск, 2001); IV Международной научно-практической конференции «Информация, анализ, прогноз

– стратегические рычаги эффективного государственного управления» (Украина, Киев, 2004); III, VI Международных научно-практических конференциях «Медэлектроника – 2004, 2010» (Минск, 2004, 2010); II, V, VI, VII, X, XI международных научных конференциях «Сахаровские чтения: экологические проблемы XXI века» (Минск, 2002, 2005–2007, 2010–2013); II международном экологическом симпозиуме (Полоцк, 2005); международной научно-практической конференции «Региональные проблемы природопользования и охраны природных ресурсов Верхнего Поднепровья и сопредельных территорий» (Могилёв, 2005); II Международной научной конференции «Теоретические и прикладные проблемы геоэкологии» (Минск, 2005); IV, V, VI, VII Международных научно-практических конференциях «Управление информационными ресурсами» (Минск, 2006–2009); научно-практической конференции «Состояние и пути развития рационального природопользования и охраны окружающей среды Беларуси и России» (Полоцк, 2006); 4-, 5-, 6-й Международных конференциях «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон» (Россия, С.-Петербург, 2006, 2009, 2012); IV международной научной конференции «Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии» (Минск, 2008); 11-й, 12-й международной междисциплинарной научно-практической конференции «Женщина. Общество. Образование» (Минск, 2008, 2009); 13-, 20-, 21-, 22-, 23-й международных научно-технических конференциях «Современные средства связи» (Минск, 2008, 2015–2018); XIV Республиканской научно-практической конференции молодых учёных «Теоретико-методологические и прикладные аспекты государственного управления» (Минск, 2010); международной научно-практической конференции «Инвенции. Инновации. Инвестиции» (Минск, 2010); международной научно-практической конференции «Инженерно-педагогическое образование: проблемы и пути развития» (Минск, 2011); VI international research and practice conference «Science, Technology and Higher Education» (Westwood, Canada, 2014); IV international science conference «Global Science and Innovation» (Chicago, USA, 2015); XI International scientific and practical conference (England, 2015); международной научной конференции « Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья» (Минск, 2016); V Международном водном форуме «Водные ресурсы и климат» (Минск, 2017); X Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в промышленности, логистике и социальной сфере» (ITI*2019) (Минск, 2019); XV Международной научно-практической интернет-конференции «Современные вызовы и актуальные проблемы науки, образования и производства: межотраслевые диспуты» (Киев, 2021); X международной конференции «Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении» (Минск, 2022).

Использование результатов диссертации подтверждено 21 актом внедрения в производство и учебный процесс.

Опубликованность результатов диссертации

Результаты диссертации опубликованы в 192 научных работах: 9 монографий, 96 статей в рецензируемых научных изданиях, 76 материалов научных конференций и тезисов докладов. 50 публикаций соответствуют пункту 19 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь. Получено 3 свидетельства о государственной регистрации информационных ресурсов, 9 патентов. Общий объём опубликованных работ составил 207,4 авторского листа.

Структура и объём диссертации

Диссертация содержит перечень условных обозначений, введение, общую характеристику работы, девять глав, заключение, список использованных источников и приложение.

Полный объём диссертации составляет 369 страниц, в том числе 94 иллюстрации, 36 таблиц, 1 приложение, библиографический список из 240 наименований, список публикаций соискателя из 192 наименований.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В **первой главе** выполнен аналитический обзор существующих методов, средств и технологий информационного управления в социально-экологических системах. Приводится краткий анализ литературы по теме, развернутое обоснование выбора направления исследований и изложение общей концепции работы.

Во **второй главе** проанализировано состояние проблемы формирования и ведения кадастров природных ресурсов как в Республике Беларусь, так и за рубежом. С учётом анализа существующих аналогов систем управления кадастровой информацией и поставленными задачами была разработана методика управления, включающая в себя структуру кадастровых баз данных, программные средства, информационное обеспечение, организационные мероприятия. Разработанная структура кадастровых БД была согласована со специалистами ведущих организаций.

Первая версия программного обеспечения автоматизированной информационной системы (АИС) «Кадастры» была разработана и внедрена в структурах Минприроды, в Институте природопользования НАН Беларуси и в Дзержинской инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды. Её промышленная эксплуатация выявила целесообразность переноса системы на web-ориентированную основу, что и было сделано в дальнейшем. Разработанная база данных состоит из 11 кадастровых БД по отдельным природным ресурсам: 01 – водные ресурсы, 02 – земельные ресурсы, 03 – состояние атмосферного воздуха, 04 – климатические ресурсы, 05 – лесные ресурсы, 06 – растительные ресурсы, 07 – ресурсы животного мира, 08 – минерально-сырьевые ресурсы, 09 – торфяные ресурсы, 10 – сапропелевые ресурсы, 11 – отходы (вторичные ресурсы).

Вопросами разработки различных кадастров природных ресурсов в Республике Беларусь и за рубежом в разное время занимались М.А. Гатих, И.В. Войтов, Б.В. Курзо, А.В. Колобаев, С.В. Какарека, А.П. Далимаев, А.И. Бедрицкий, Л.А. Кранц, Д.М. Разумов, А.Е. Сазоненков и другие, однако комплексное решение для интеграции всех баз данных предложено впервые.

В целом разработанная методика управления кадастрами природных ресурсов включает структуры предметных баз данных, метаданные, программное, нормативно-правовое и информационное обеспечение и позволяет осуществлять в автоматизированном режиме сбор, хранение, обработку и отображение соответствующей предметной информации, что повышает эффективность управления природопользованием благодаря оперативному доступу к своевременной и объективной информации и позволяет снизить трудовые затраты.

Практическая значимость разработанной методики также заключается в том, что получаемая объективная и своевременная кадастровая информация служит основой для поддержки принятия решений в социально-экологических системах, включая данные о природно-ресурсном потенциале территорий, используемые для оценки ресурсообеспеченности новых проектов.

В **третьей главе** описаны разработанные алгоритмы комплексной и интегральной оценки влияния антропогенного воздействия на природную среду урбанизированных территорий. Первый из них включает выбор учитываемых показателей, ранжирование их значимости, определение итоговых рангов и интерпретацию полученного результата. При этом получаемая сумма рангов в виде одного числа может быть использована для выделения наиболее (наименее) экологически благоприятной территории. Однако для дальнейшего анализа целесообразно представлять результат в виде диаграмм (рисунок 1), где по осям отложены ранги выбранных показателей с учётом их значимости.

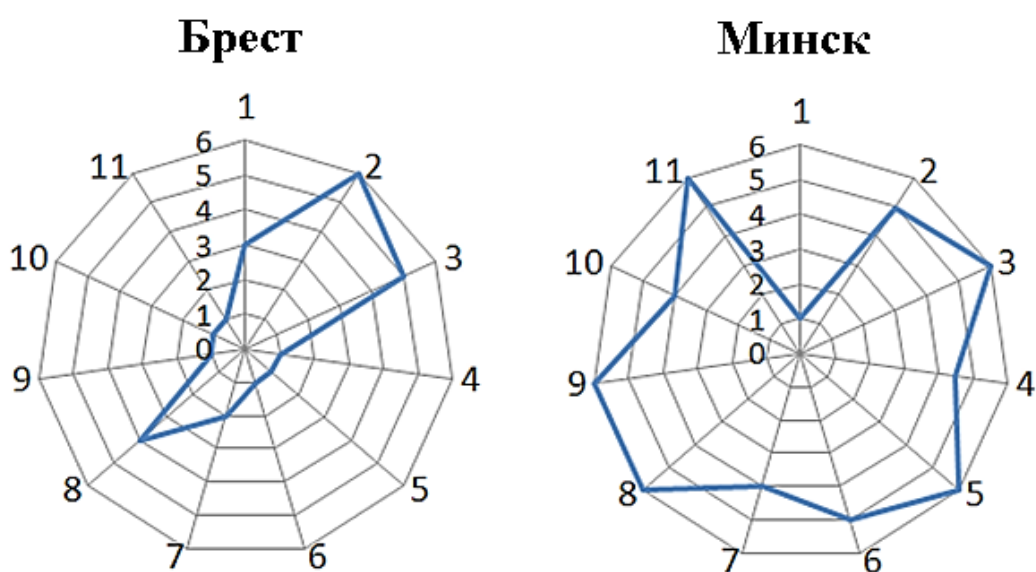


Рисунок 1 – Диаграммы комплексных показателей г. Бреста и г. Минска

Для количественной оценки влияния антропогенного воздействия на природную среду урбанизированных территорий предложен новый алгоритм, состоящий из следующих этапов.

Этап 1. Функционально-экологическое зонирование территории города, основной задачей которого является её дифференциация на отдельные функционально-ландшафтные зоны, характеризующиеся схожестью антропогенной нагрузки на компоненты окружающей среды и близостью их реакции на эту нагрузку.

Этап 2. Балльная оценка состояния отдельных компонентов окружающей среды. Для построения, например, балльной оценки загрязнения почв (рисунок 2) рассчитывается вспомогательное поле с использованием формулы:

$$S = i - 1 + \frac{(Z_c - Z_{c,i,\min})}{Z_{c,i,\max} - Z_{c,i,\min}}, \quad (1)$$

где i – номер диапазона изменения Z_c – суммарного показателя загрязнения почв; $Z_{c,i,\min}$, $Z_{c,i,\max}$ – верхняя и нижняя (соответственно) границы диапазона значений показателя Z_c для i -й градации.

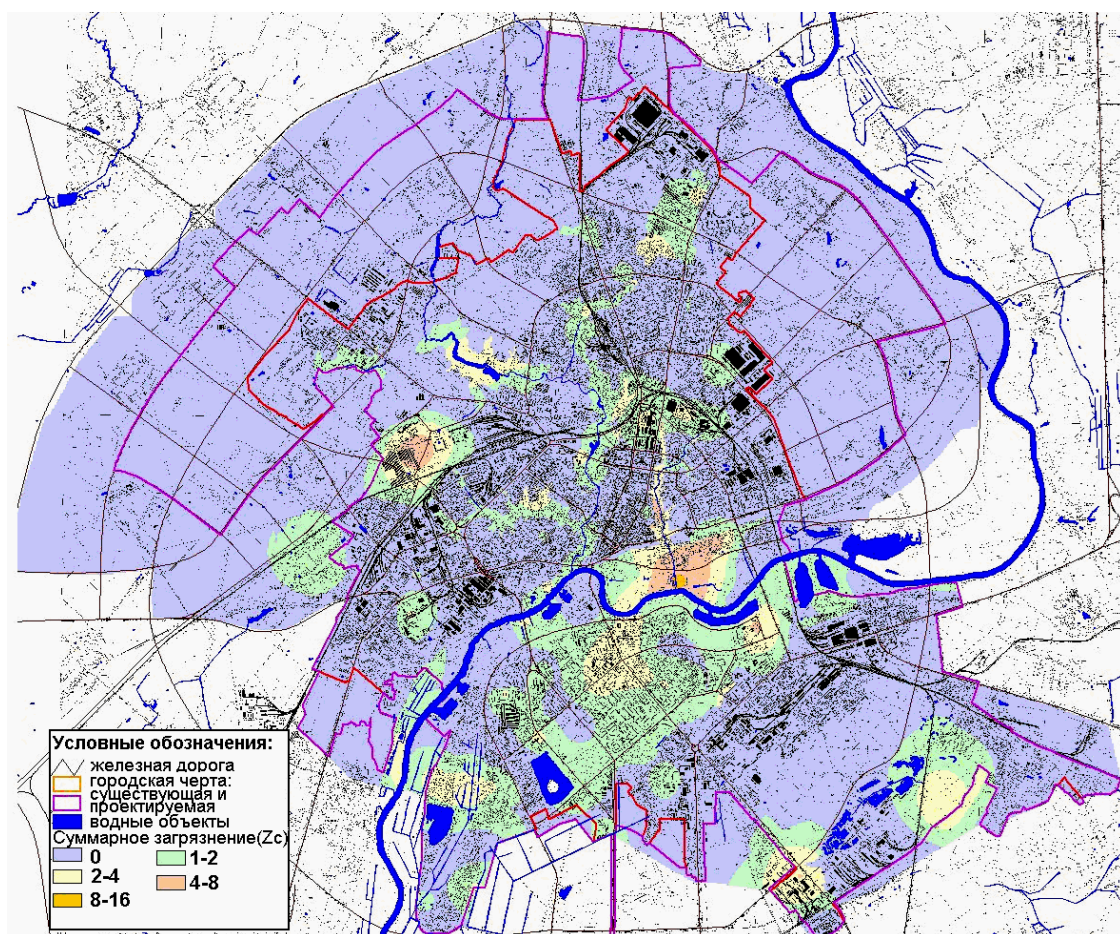


Рисунок 2 – Карта суммарного загрязнения почвенного покрова г. Могилёва тяжёлыми металлами

Затем средствами пространственно-статистического анализа определяется среднее значение балльной оценки для функционально-ландшафтного подрайона.

Этап 3. Взвешивание рассчитанных балльных оценок и их учёт в итоговой интегральной оценке. Традиционным способом агрегирования является вычисление их арифметического среднего. Однако проведённые исследования свидетельствуют о том, что такой подход не только не способствует ранжированию городских территорий по степени напряжённости экологических проблем, но скорее нивелирует различия между отдельными зонами.

Для решения описанной проблемы предлагается комбинированный способ агрегирования (рисунок 3), в результате которого производится усреднение частных оценок по трём доминирующим компонентам окружающей среды, выбор которых для каждой функционально-ландшафтной зоны производится отдельно.

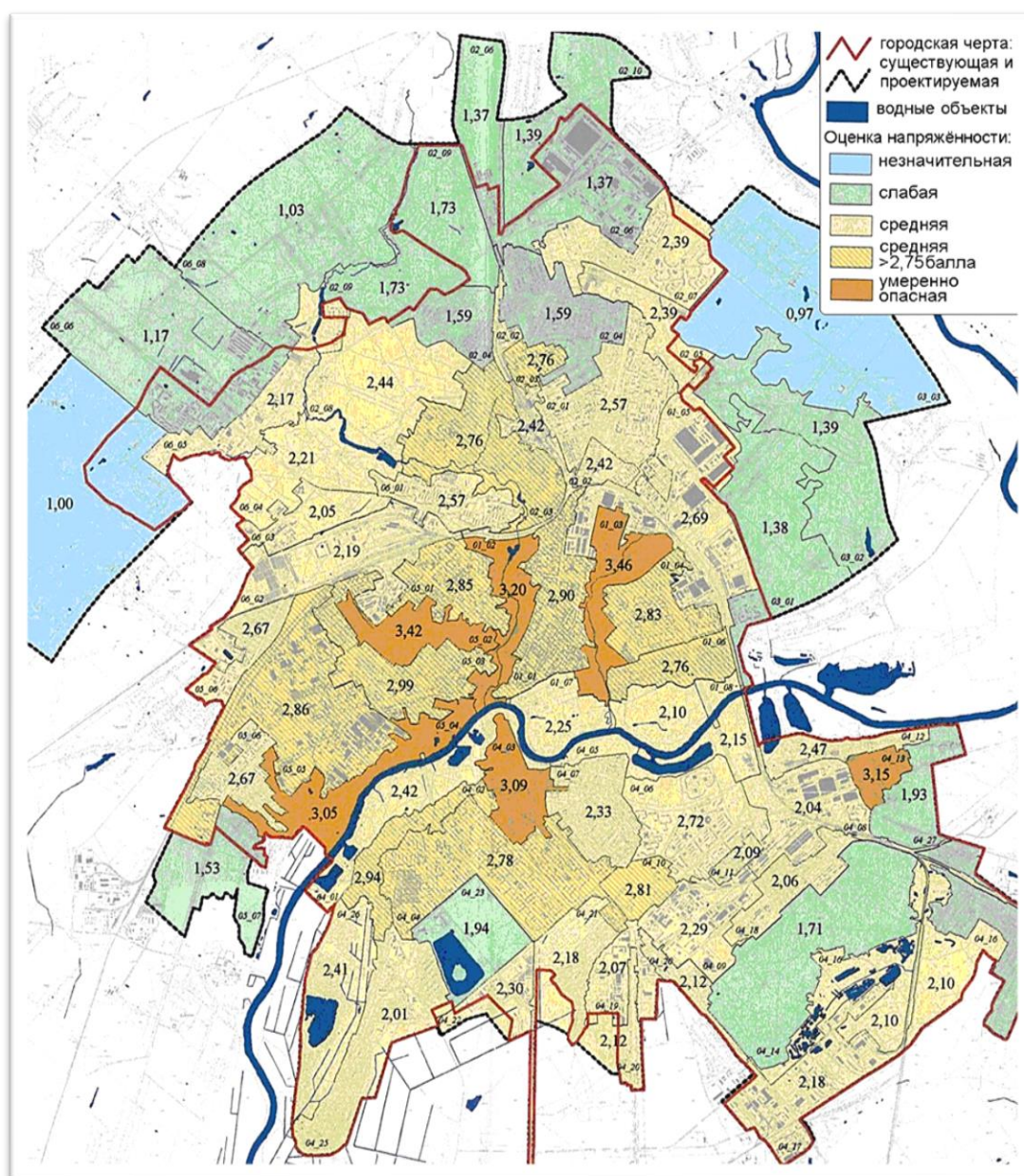


Рисунок 3 – Интегральная оценка напряжённости экологического состояния территории г. Могилёва (авторский метод)

Один из трёх доминирующих компонентов выбирается в зависимости от основного вида использования территорий. В качестве двух других из оставшихся компонентов для усреднения выбираются те, по которым оценка напряжённости данной зоны дала наибольшие баллы. Применение данной методики, например, для г. Могилёва, позволило выявить, что из 55 функционально-ландшафтных зон напряжённость экологической ситуации в 6 зонах оценена как умеренно опасная, в 40 зонах – как средняя и в 9 – как слабая.

Предложенная методика носит явный проблемно-ориентированный характер, направлена на выявления зон повышенной напряжённости и служит основой для разработки адекватных природоохранных мероприятий. При этом получаемые оценки лишены ряда недостатков, присущих другим методам, таких, как нивелирование уровня экологической напряжённости по компонентам в пределах одной функционально-ландшафтной зоны и между ними, а также чрезмерное количество контролируемых показателей.

Предложенная методика использована при разработке Территориальных комплексных схем охраны окружающей среды (ТерКСООС) областных городов Республики Беларусь (Брест, Гродно, Витебск, Могилёв, Гомель) в рамках исполнения Указа Президента Республики Беларусь от 28.07.2003 № 332 об утверждении генеральных планов областных центров.

В четвёртой главе описывается разработанная методика автоматизации экологической экспертизы проектов в составе: 1) научное обоснование и программное обеспечение подсистем АИС «Экспертиза» формирования и ведения документов ГЭЭ проектов различных субъектов хозяйствования, включая и подготовку заключения по результатам экспертизы; 2) программа для областного уровня, обеспечивающая доступ экспертов к информации в базах данных ПО «Экология» – «Атмосфера», «Отходы», «Водопользование»; 3) научное обоснование и программное обеспечение для автоматизации ввода исходных данных в УПРЗА «Эколог» для проведения экспертных расчётов загрязнения атмосферы и создания базы данных реестра источников выбросов (рисунок 4); 4) научное обоснование и программное обеспечение для формирования и ведения базы данных очистных сооружений в населённых пунктах Республики Беларусь; 5) научное обоснование и программное обеспечение для формирования и ведения базы данных информационно-справочной системы законодательной и нормативно-технической информации государственной экологической экспертизы, проведено наполнение базы данных. Кроме того, выполнена разработка программного обеспечения для определения соответствия предполагаемого места размещения объекта экспертизы экологическим нормативам природопользования; сформулированы основные положения технологии формирования и пространственной привязки в среде ГИС данных по источникам выбросов и объектам, подлежащим ГЭЭ.

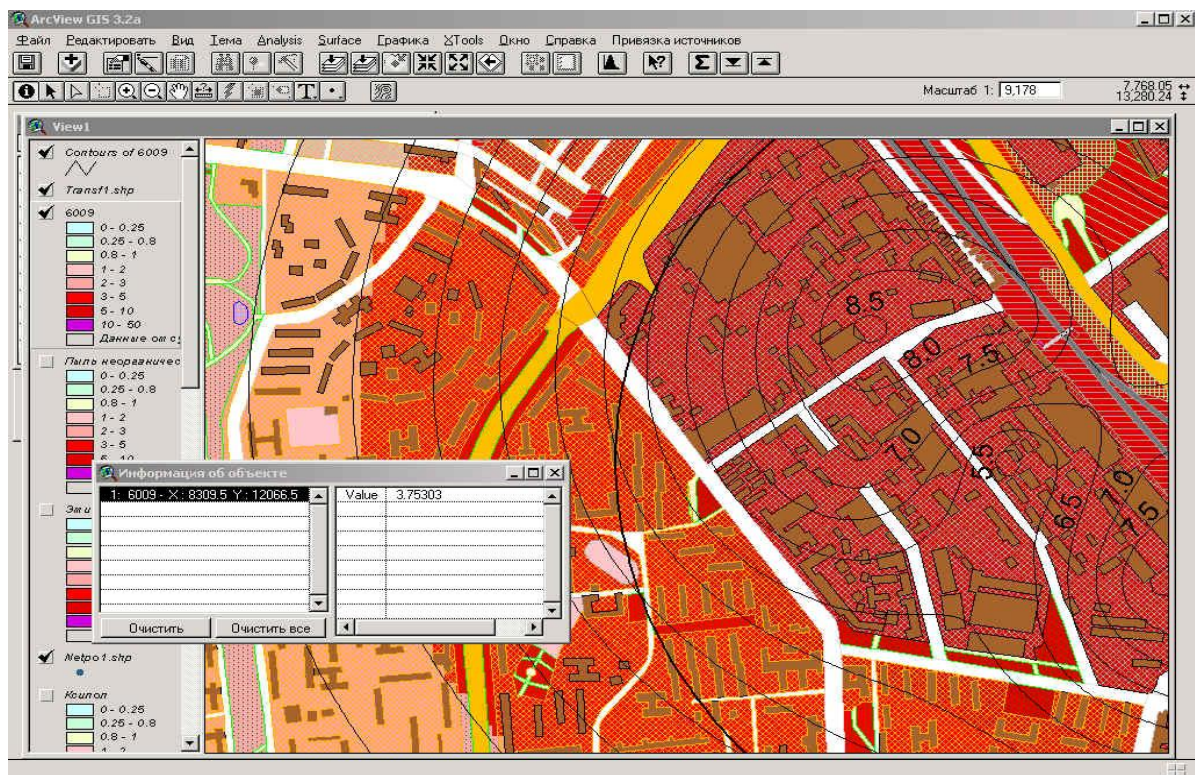


Рисунок 4 – Пример отображения полей концентрации загрязняющих веществ на электронном плане города при размещении объекта

По заказу специалистов Минприроды были разработаны дополнительные программные средства автоматизации процесса расчётов выбросов загрязняющих веществ при горячей обработке металлов, от основных видов технологического оборудования формовочных и стержневых отделений, при плавке стали в электродуговых печах и др.

На втором этапе создания АИС «Экспертиза» под научным руководством и при непосредственном участии автора было разработано программное обеспечение, которое позволяет автоматизировать процессы анализа опасности рассматриваемого проекта с учётом его производственной деятельности и объёмов выбрасываемых веществ.

Кроме указанного выше перечня основных программных средств в разработанную систему входят метод анализа результатов расчётов рассеивания, метод координатной привязки источников выбросов в среде ГИС, метод учёта результатов привязки и формирование данных для расчёта в УПРЗА «Эколог», отображение результатов расчёта на электронном топографическом плане.

Разработанная методика автоматизации экологической экспертизы проектов позволяет увеличить производительность труда специалистов, выполняющих ГЭЭ, повысить качество и обеспечить современный уровень принимаемых решений.

В **пятой главе** излагаются научно-методические принципы исследования связей в социально-экономических системах и оценки эколого-экономической

эффективности природоохранных мероприятий, позволяющие учитывать влияние окружающей среды на здоровье населения.

В рамках разработки ТерКСООС городов Гомеля, Гродно, Бреста, Витебска и Могилёва были проведены исследования взаимосвязи степени загрязнения ОС и уровня заболеваемости детского населения с дифференциацией по территориям обслуживания поликлиник (рисунок 5), что позволило выявить ряд закономерностей. Однако следует отметить условность строгого территориального деления участков. Реально не существует точных пространственных границ, в рамках которых фиксируется определенный уровень заболеваемости.

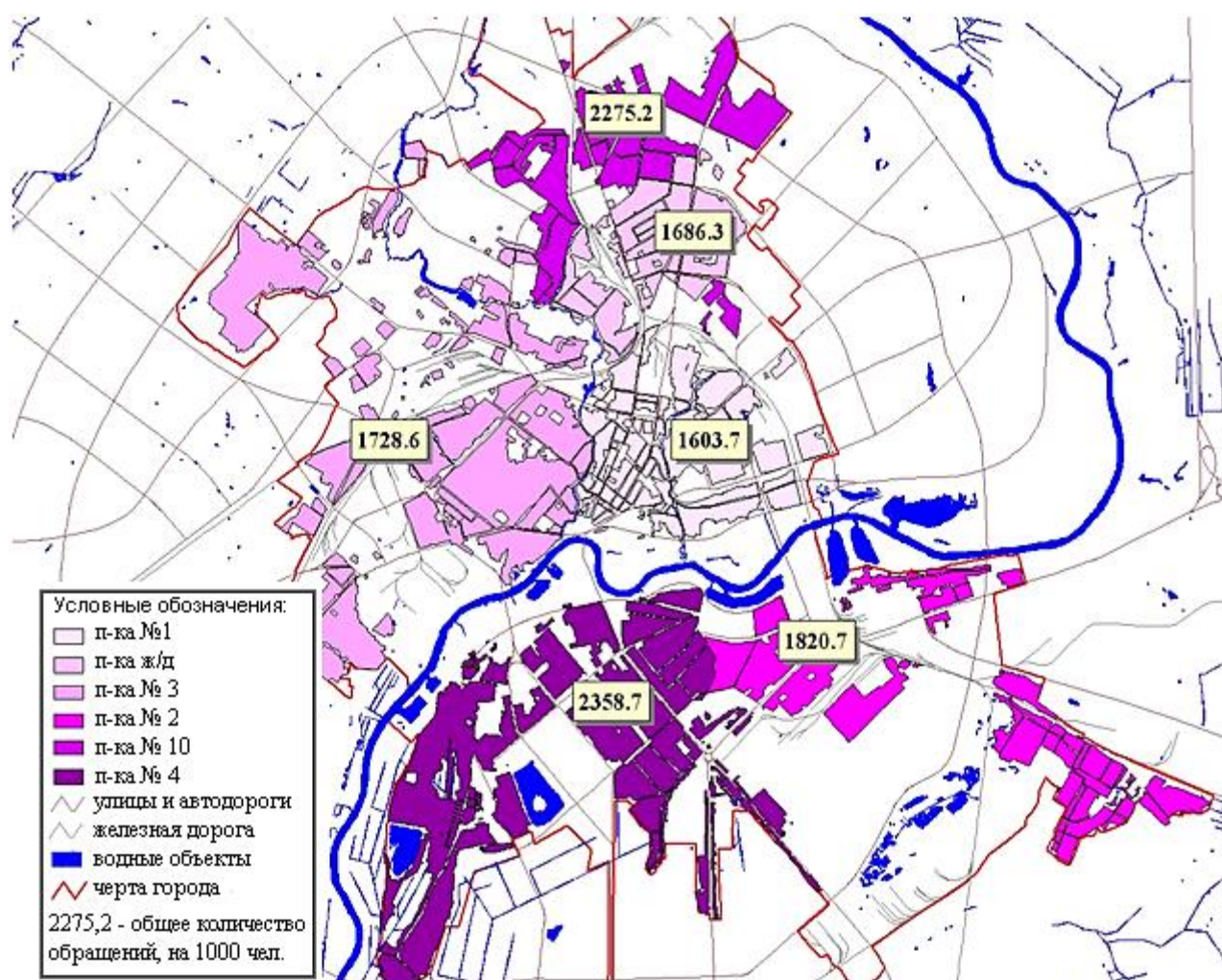


Рисунок 5 – Уровень заболеваемости детского населения по участкам поликлиник г. Могилёва, случаи на 1000 человек

Получено уравнение регрессии, показывающее корреляционную зависимость заболеваемости детского населения на 1000 человек от уровня загрязнённости атмосферного воздуха, выраженного показателем ИЗА – $y = 343,1x - 31,8$ (стандартная ошибка переменной «у» равна 6,47). В целом выявленные зависимости, полученные уравнения регрессии и математические

модели имеют практическую значимость как в плане разработки природоохранных мероприятий, так и для обоснования их эколого-экономической эффективности.

Разработаны программные средства для автоматизации расчёта и анализа риска воздействия на здоровье населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обусловленного выбросами промышленных объектов. Внедрение разработанного программного обеспечения в Республиканском научно-практическом центре гигиены Министерства здравоохранения Республики Беларусь позволило повысить эффективность работы профильных специалистов за счёт снижения трудовых затрат при оценке риска в 3–7 раз.

Описана новая методика оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий, базирующаяся на учёте социального эффекта от снижения уровня заболеваемости вследствие улучшения качества ОС:

$$\mathcal{E}_3 = \frac{K_1 \cdot \mathcal{E}_{\text{соц}}}{K_2 \cdot \sum_{i=1}^m \mathcal{Z}_i} = \frac{K_1 \cdot (c_1 N_{\text{вз}} k + c_2 n c_3 d k + c_1 N_{\text{ств}} f + c_2 N_{\text{стд}} f)}{K_2 \cdot \sum_{i=1}^m \mathcal{Z}_i}, \quad (2)$$

где \mathcal{E}_3 – комплексный показатель экономической эффективности природоохранных мероприятий; $\mathcal{E}_{\text{соц}}$ – формализованный социальный эффект, полученный при реализации m природоохранных мероприятий, каждое из которых потребовало осуществление затрат \mathcal{Z}_i и стало причиной изменения значения комплексной оценки с K_2 на K_1 , где K_1 и K_2 – значения комплексной оценки, рассчитанные согласно предложенному в главе 2 методу; c_1 – коэффициент, отражающий влияние факторов среды на здоровье взрослого населения; $N_{\text{вз}}$ – суммарная продолжительность нетрудоспособности согласно больничным листам в год (дней); k – величина средней заработной платы за один день, руб.; c_2 – величина снижения уровня детской заболеваемости в результате природоохранных мероприятий, случаи на 1000 человек; n – количество детей на исследуемой территории, тыс. человек; c_3 – коэффициент, отражающий соотношение количества детей, для ухода за которыми при их заболевании взрослым выдается больничный отпуск, к общему числу случаев детской заболеваемости; d – средняя продолжительность заболеваемости детей, дни; $N_{\text{ств}}$ – объём оказания медицинской помощи взрослым в стационарах, койко-дней; f – средняя стоимость одного дня стационарного лечения, руб. в день; $N_{\text{стд}}$ – объём оказания медицинской помощи детям в стационарах, койко-дней на 1000 человек.

Разработанные научно-методические основы оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий являются основой при принятии управленческих решений в области охраны окружающей среды и позволяют учитывать как изменение качества природных компонентов, так и социальный

эффект, обусловленный снижением уровня заболеваемости населения.

В **шестой главе** описана новая методика оценки, анализа и оптимизации параметров рационального природопользования инновационных проектов (ИП), включающая математическое, программное и информационное обеспечение.

Одной из важных проблем в рамках финансирования и реализации ИП в настоящее время и в перспективе является знание о наличии и возможностях применения в технологических процессах основных природных ресурсов, их объёмах, качественных и количественных показателях, имеющих в наличии или импортируемых в страну. В связи с этим представляется целесообразной разработка методики анализа, оценки и прогнозирования ресурсообеспеченности инновационных и других производственных процессов в отраслях экономики. Поэтому предложены новые расчётные зависимости для оценки природоёмкости:

$$I_{poj} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{uc} [N_{ij} - (P_{ij} + H_{nij})] + \sum_{i=1}^n V_{oj}^{yo} + \sum_{i=1}^n V_{oj}^{e.nep}}{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}}, \quad (3)$$

и энергоёмкости:

$$I_{ij}^{ЭМЕ} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{ЭПС} + \sum_{i=1}^n V_{oj}^{ВЭР} + \sum_{i=1}^n V_{oj}^{ypn} + \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{mco}}{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}}, \quad (4)$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{uc}$ – нормированное количество использования исходного природного сырья j -го вида в i -м технологическом процессе, включающего: N_{ij} – норму расхода сырья j -го вида в i -м технологическом процессе; P_{ij} – чистый (полезный) расход сырья j -го вида в i -м технологическом процессе; H_{nij} – безвозвратные потери сырья j -го вида в i -м технологическом процессе; $\sum_{i=1}^n V_{oj}^{yo}$ – количество утилизируемых нормированных отходов из сырья j -го вида в i -м технологическом процессе, потенциально пригодного для вторичной переработки и использования; $\sum_{i=1}^n V_{oj}^{e.nep}$ – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, поступающих на вторичную переработку в качестве вторичного сырья; $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{ЭПС}$ – материально-сырьевая обеспеченность технологических процессов, включающая j -е виды необходимого природного

сырья для получения продукции $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}$; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{BЭP}$ – количество вторичных энергетических ресурсов j -го вида в i -х технологических процессах; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{ypn}$ – количество внутренних вторичных энергетических ресурсов j -х видов в i -х технических процессах, используемых в качестве вторичных энергетических ресурсов (тепло отходящих газов, отходы деревообработки и др.); $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{MCO}$ – количество исходного (основного) энергетического природного сырья j -го вида в i -х технологических процессах (нефть, газ, уголь, торф, дрова и др.).

Выполненные исследования позволили ранжировать Государственных заказчиков (ГЗ) инновационных проектов по трём качественным степеням показателя природоёмкости, при этом к высокому уровню отнесены Министерство энергетики, концерн «Белнефтехим», Министерство промышленности, Министерство архитектуры и строительства.

Учитывая функциональные сложности системы мониторинга, структуры и состава Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь (ГПИР РБ), представляется целесообразным формализовать оценочные показатели с использованием материально-сырьевого, материально-энергетического и производственно-экономического баланса. Для формализации изложенного подхода и оценки инновационной значимости ИП обосновано применение весового ранжирования.

Для сбора, хранения, обработки и отображения распределённой информации о параметрах инновационных проектов был разработан и внедрён интернет-портал как элемент СППР, позволяющий пользователям осуществлять статистическую обработку необходимых параметров. Экономический эффект от использования разработанного инструмента достигается за счёт сокращения временных и трудовых затрат на пересылку и обработку параметров экологичности инновационных проектов. Практическая значимость в том числе выражается в возможности для организации сопоставления результатов как в динамике, так и в сравнении с другими пользователями интернет-портала.

Понимая оптимизацию как модификацию системы для улучшения её эффективности, следует отметить, что разработанная новая методика позволяет как производить анализ параметров рационального природопользования, так и обоснованно выбирать наиболее эффективные проекты, что является актуальной задачей принятия решений в социально-экологических системах в условиях ограниченности финансирования.

В **седьмой главе** изложены теоретические основы и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в социально-экологических системах, включающие нейро-нечёткое моделирование, новый метод прогнозирования, генетические алгоритмы (ГА) и теорию нечётких

множеств.

Анализ результатов использования генетических алгоритмов позволяет выделить следующие условия, при выполнении которых задача решается эффективно: большое пространство поиска, ландшафт которого является негладким (содержит несколько экстремумов); сложно формализуемая функция степени оценки качества решения; многокритериальность поиска; поиск по заданным критериям приемлемого, а не единственного оптимального решения.

Очевидно, что задача оптимизации качества городской окружающей среды соответствует перечисленным условиям и, таким образом, может быть эффективно решена с использованием ГА. Исходными данными при этом являются семь векторов ($A_i (a_1, a_2, \dots, a_n), i \in [1..7], n \leq 1000$), состоящих из балльных оценок функционально-ландшафтных зон урбанизированной территории, отражающих экологическое состояние атмосферного воздуха, почвенного покрова, водных ресурсов, лесных насаждений, уровень шума и вибрации, электромагнитных излучений и объёмов накопления отходов. При этом стоимость приращения балльной оценки (улучшения качества) для различных показателей существенно отличается. Задача состоит в оптимизации расходов на природоохранные мероприятия, т. е. получении наиболее эффективного плана вложения финансовых средств с максимально возможной отдачей.

Для решения поставленной задачи воспользуемся модификацией классического ГА, при этом разнообразие в популяции достигается благодаря процедуре рестарта алгоритма в случае обнаружения его сходимости. В этом случае мутация оказывается излишней.

Пусть необходимо достичь приемлемого качества окружающей среды ($A_i = A_{i-1} - \Delta A$), определённого как семь векторов балльных оценок, и при этом минимизировать финансовые затраты.

В качестве функции пригодности предлагается использовать величину финансовых затрат, необходимых для осуществления приращений векторов A_i , выбранных в качестве объектов воздействия. Целью поиска является нахождение такого решения, при котором Fitness-функция будет минимальна.

При решении задач оптимизации качества ОС урбанизированных территорий с учётом предложенного метода количественной оценки антропогенного воздействия ГА с погрешностью 3,8 % в 63,3 раза, и с погрешностью 1,0 % – в 19,0 раз эффективнее алгоритмов нахождения минимума.

Для прогнозирования уровня обеспеченности природными ресурсами реализуемых инновационных проектов и их эколого-экономических параметров предлагается следующий метод:

1. Ретроспективный числовой ряд, содержащий фактические количественные показатели за истекшие периоды, обрабатывается с целью построения наиболее адекватной аппроксимирующей кривой. При этом из возможных моделей (линейной, логарифмической, полиномиальной, степенной

и экспоненциальной), выбирается та, у которой величина достоверности аппроксимации (R^2) наибольшая.

2. На основании полученного на предыдущем шаге уравнения рассчитываем прогноз для предстоящих временных интервалов.

3. Рассчитанное прогнозное значение представляем в виде нечёткого множества: при $R^2 < 1$ форма функции принадлежности будет иметь треугольный вид, при $R^2 = 1$ – вертикальная линия. При этом основание треугольника будет равно произведению рассчитанного значения на удвоенную разность единицы и величины R^2 .

4. Для учёта экспертной оценки формируем нечёткое множество, отражающее наиболее ожидаемое значение прогнозируемого параметра.

5. Результирующее значение прогноза в виде нечёткого множества C находим как сумму двух нечётких множеств A и B : $C = A \cup B$. При этом функция принадлежности множества C имеет вид:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (5)$$

для каждого $x \in X$.

6. Оценка уровня неопределённости полученного прогноза в виде нечёткого множества может быть получена на основании значения $\gamma = 1 - \frac{S_0 - S}{S_0}$ или $\gamma = \frac{S}{S_0}$, $\gamma \in [0, 1]$, где S_0 – площадь под прямоугольной функцией принадлежности, равная ширине; S – площадь под кривой функции принадлежности, полученной в результате расчётов. При этом большим значениям γ будет соответствовать больший уровень неопределённости.

7. Для получения чёткого числа используем методы дефuzziфикации – преобразования нечёткого множества к чёткой форме – методы центра тяжести и среднего центра. В случае если пересечением множеств A и B является непустое множество $D = A \cap B \neq \emptyset$, предпочтительнее использовать метод центра тяжести. Искомое значение \bar{y} при этом рассчитывается как центр тяжести функции принадлежности $\mu_{B^k}(y)$, (тут и далее $\bar{B}^1 = A, \bar{B}^2 = B, N = 2$), т. е.

$$\bar{y} = \frac{\int_Y y \mu_{B^k}(y) dy}{\int_Y \mu_{B^k}(y) dy} = \frac{\int_Y y \max \mu_{\bar{B}^k}(y)}{\int_Y \max \mu_{\bar{B}^k}(y)} \quad (6)$$

при условии, что оба интеграла в приведённом выражении существуют.

В случае непересечения множеств A и B для дефuzziфикации используем метод по среднему центру. Значение \bar{y} рассчитывается по формуле:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{k=1}^N \mu_{B^k}(\bar{y}^k) \bar{y}^k}{\sum_{k=1}^N \mu_{B^k}(\bar{y}^k)}, \quad (7)$$

где \bar{y}^k – точка, в которой функция $\mu_{B^k}(y)$ принимает максимальное значение, т.е. $\mu_{B^k}(\bar{y}^k) = \max_y \mu_{B^k}(y)$. Точка \bar{y}^k называется центром нечёткого множества B^k .

8. Для учёта значимости экспертной оценки в результирующем прогнозном значении будем использовать коэффициент $\lambda \in [0...1]$. С учётом этого формула (5) примет вид

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max([1 - \lambda] \mu_A(x), \lambda \mu_B(x)). \quad (8)$$

Для нормализации нечёткого множества используется формула:

$$\mu_{C_N} = \frac{\mu_C(x)}{h(C)}, \quad (9)$$

где h – высота нечёткого множества C .

Разработанный метод прогнозирования позволяет за счёт использования теории нечётких множеств учесть фактор неопределённости и применять экспертные оценки для получения адекватных экстраполяционных моделей.

В общем виде суть предлагаемого подхода к интеллектуальной поддержке принятия управленческих решений в социально-экологических системах заключается в следующем: нейро-нечёткое моделирование используется для анализа и прогноза многокритериальных зависимостей, в случае одного критерия используем новый метод прогнозирования; полученные прогнозы и интегральные оценки (рассчитанные на основе метода из главы 2) используются при решении оптимизационных задач повышения эффективности природоохранных мер (оцененной по методу из главы 5) с использованием ГА.

В **восьмой главе** представлена технология мониторинга русловых процессов и гидрологического режима рек с использованием данных дистанционного зондирования земли, включающая методику выявления проблемных участков водотоков, под которыми понимаются участки с наибольшей интенсивностью русловых процессов, обусловленных высокой уязвимостью морфометрических и гидравлических характеристик этих участков по руслу и пойме к изменениям гидрологического режима, включая характеристики стока и уровенный режим.

После наложения карт и снимков ДЗЗ осуществляется разбиение водотока на сопоставимые участки с ориентировочной длиной участка вдоль водотока в 50 м, определением географических координат участка и их переводом в прямоугольные координаты. Для каждого i -го участка водотока на карте, перемещаясь по течению от истока к устью, ($i=1 \dots N$, где N количество участков), определяется его средняя ширина как отношение площади участка к его длине по фарватеру.

Каждый i -й участок водотока на карте определяется поперечными сечениями с его граничными точками $(x_{л, i-1}^k; y_{л, i-1}^k)$, $(x_{л, i}^k; y_{л, i}^k)$, $(x_{п, i}^k; y_{п, i}^k)$, $(x_{п, i-1}^k; y_{п, i-1}^k)$, сторонами a , b , c , d и диагоналями e и f (рисунок 6).

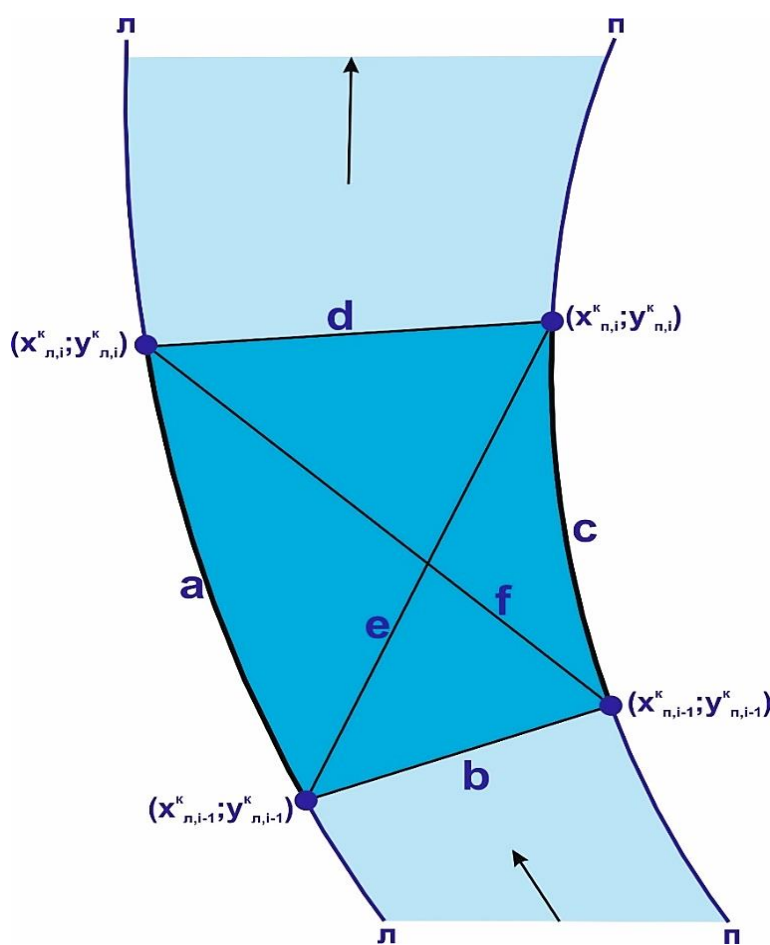


Рисунок 6 – Определение средней ширины участка водного объекта на топографической карте

Каждый i -й участок водотока на снимке ДЗЗ определяется поперечными сечениями с его граничными точками $(x_{л, i-1}^c; y_{л, i-1}^c)$, $(x_{л, i}^c; y_{л, i}^c)$, $(x_{п, i}^c; y_{п, i}^c)$, $(x_{п, i-1}^c; y_{п, i-1}^c)$ и сторонами a_c , b_c , c_c , d_c (рисунок 7).

Среднее смещение на участке вдоль левого берега $\Delta_{\text{л}} = \frac{S_{ab_{\text{л}}c_{\text{л}}d_{\text{л}}}}{a}$, вдоль правого берега $\Delta_{\text{п}} = \frac{S_{cb_{\text{п}}c_{\text{п}}d_{\text{п}}}}{c}$. При значении смещения более 5% от ширины водотока в год участок относится к проблемным.

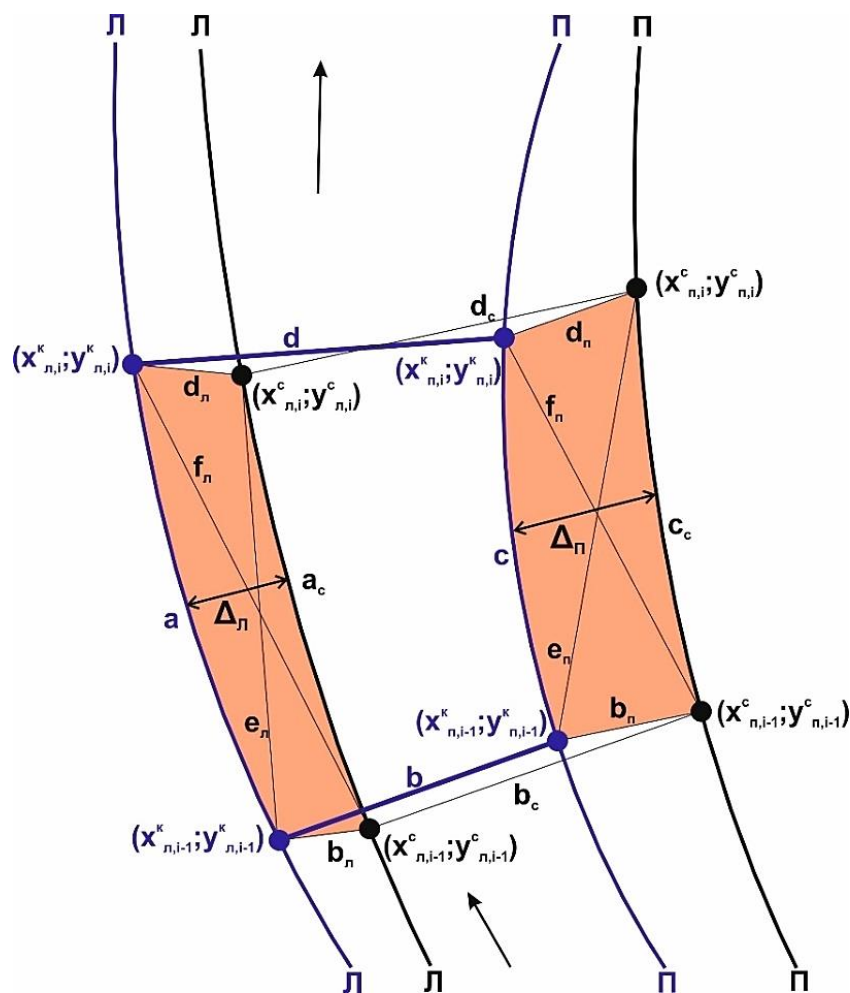


Рисунок 7 – Определение смещения левого и правого берега

На основании проведенных исследований рекомендованы конкретные характеристики крепления, предложенные Брестской пограничной группе, в качестве которых может использоваться: каменная наброска по слою щебня по геотекстильному полотну и гибкие бетонные маты с использованием плит бетонных составных на гибких связях.

Один из наиболее проблемных участков реки Западный Буг, для которого выполнена апробация Рекомендаций по обеспечению устойчивости русел, проходящих по трансграничным водным путям, представлен на рисунке 8.

В начале 2017 года Брестской пограничной группе и Брестскому облисполкому были представлены материалы по абразионным площадям правого берега реки Западный Буг и были приняты по ним меры для укрепления данных берегов. При этом общий экономический эффект от предотвращенной

потери абразионных участков – 366,5 га земли, составил 8 466 150 руб. (около 4,5 млн долл. США по состоянию на 04.06.2017 г.).

В девятой главе описаны результаты использования разработанных методов, алгоритмов и программных средств для управления и поддержки принятия решений в социально-экологических системах.

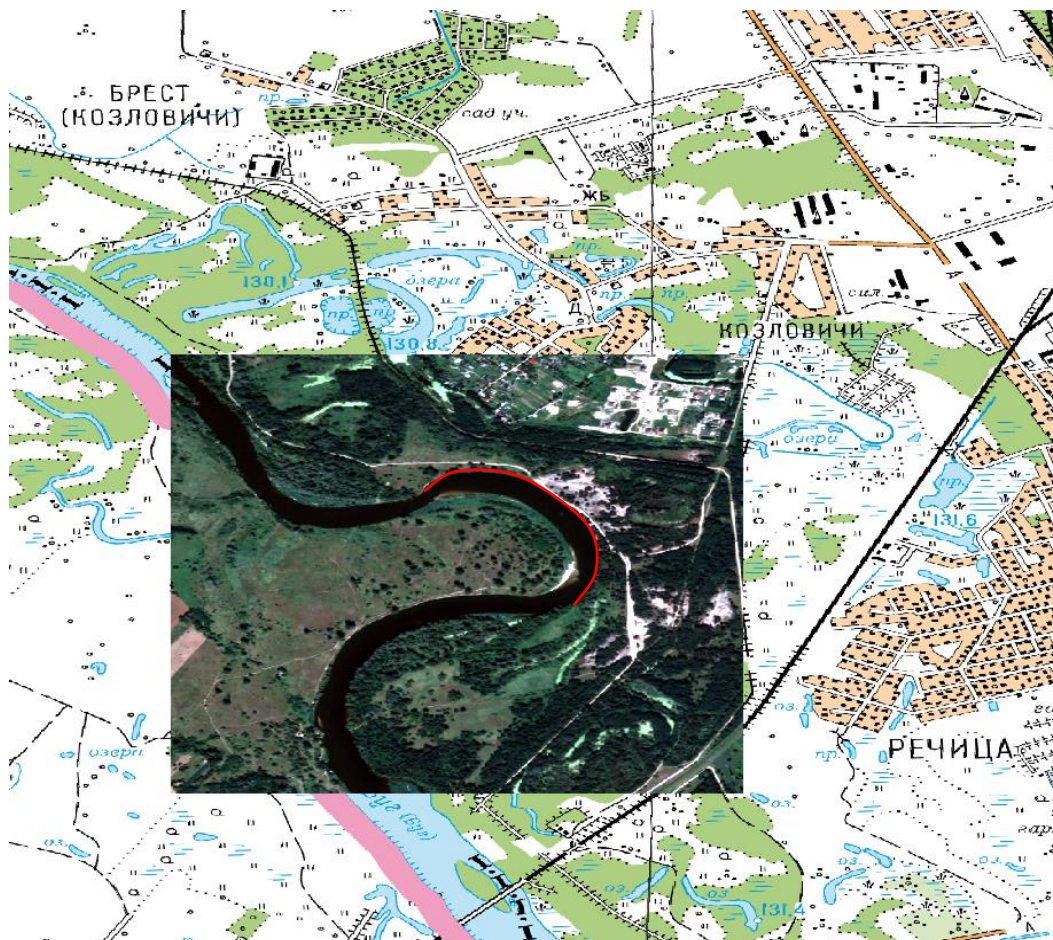


Рисунок 8 – Схема расположения проблемного участка №1 реки Западный Буг с учётом рекомендуемого укрепления правого берега

На примере г. Могилёва показан заключительный этап ТерКСОС – разработка комплекса природоохранных и градостроительных мероприятий по оптимизации социально-экологической системы, включающего: 1) организацию и формирование экологического каркаса – системы ландшафтно-рекреационных территорий города-пригорода для поддержания и сохранения благоприятной экологической обстановки в городе; 2) охрану и защиту воздушного бассейна от химического и физического загрязнения – разработка комплексных программ, проектов и реализация технологических мероприятий; 3) охрану и защиту поверхностных и подземных вод от химического и бактериологического загрязнения – разработка комплексных программ и проектов; 4) охрану и защиту почв от химического загрязнения – разработка комплекса мер; 5) снижение последствий радиационного загрязнения территории – разработка

соответствующих мероприятий; б) совершенствование транспортной и инженерной инфраструктур города.

Схематично разработанную систему можно представить в виде блоков, изображённых на рисунке 9. Как следует из представленной схемы, после постановки задачи следует этап выбора необходимых исходных данных и инструментов для их получения и обработки. Если на данном этапе не удаётся выбрать нужное программное и информационное обеспечение, то необходимо вернуться к первому этапу и переформулировать задачу. Также следует воспользоваться обратной связью в случае, когда после выполнения последнего шага не удаётся осуществить выбор наилучшей оптимальной альтернативы (например, по причине их равнозначности).

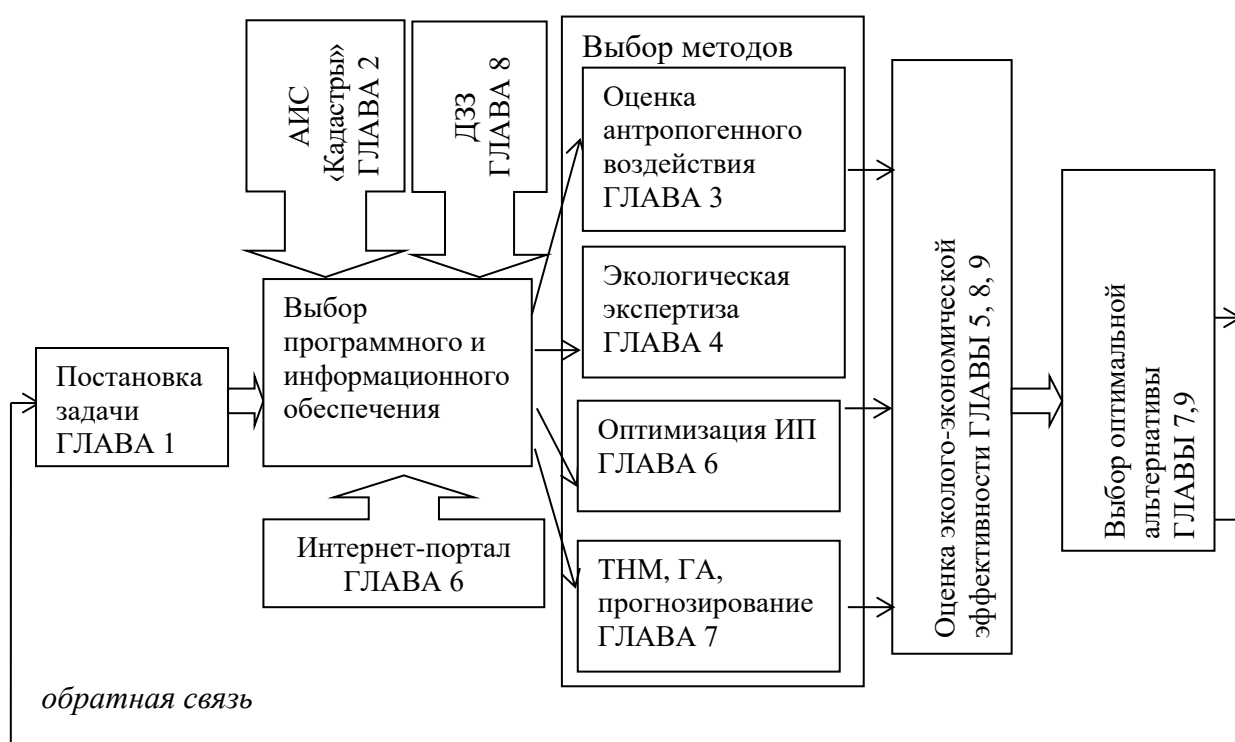


Рисунок 9 – Компонентная схема СППР

Полученные и изложенные в работе инструменты могут быть применены для интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в различных сочетаниях. Так, например, в случае необходимости выбора наиболее оптимального проекта для реализации последовательность использования предложенных методов представлена на рисунке 10.

В **Приложении** представлены документы, подтверждающие научное и практическое применение результатов исследований.



Рисунок 10 – Схема алгоритма выбора инвестиционного проекта и места его размещения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

Научная значимость полученных результатов заключается в разработке логически связанной и обоснованной методологии создания и использования автоматизированных систем поддержки принятия решений для рационального природопользования, которая включает в себя методику управления кадастрами природных ресурсов, алгоритмы комплексной и интегральной оценки влияния антропогенного воздействия на природную среду урбанизированных территорий, методику автоматизации экологической экспертизы проектов, методику оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий, методику оценки, анализа и оптимизации параметров рационального природопользования инновационных проектов, метод прогнозирования эколого-экономических параметров инновационных проектов для интеллектуальной поддержки принятия решений, теоретические основы и методы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в социально-экологических системах, технологию мониторинга русловых процессов и гидрологического режима рек с использованием данных дистанционного зондирования земли, результаты использования предложенных методов, принципов, алгоритмов и технологий, разработанные информационные ресурсы, показатели, природоохранные мероприятия (в том числе по оздоровлению рек Свислочь, Западный Буг и Осиповичского водохранилища [6–А; 9–А]), прогнозные модели,

Концепцию информатизации Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, выявленные системные связи и закономерности, которые в совокупности позволяют обеспечить эффективное и стабильное функционирование социально-экологических систем.

В ходе проведённых исследований были решены все поставленные задачи и достигнута цель исследования. Применение методов системного анализа позволило сделать следующие выводы.

1. Разработанная методика управления кадастровыми базами данных позволяет осуществлять в автоматизированном режиме сбор, хранение, обработку и отображение соответствующей предметной информации, что повышает эффективность управления природопользованием благодаря оперативному доступу к своевременной, объективной и полной информации.

Предложенные методы и средства автоматизации ведения кадастров природных ресурсов обладают повышенной производительностью, информационной надёжностью и высокими эксплуатационными характеристиками распределённой обработки информации, обусловленные использованием новейших web-технологий, удалённым доступом и хранением предметных баз данных на специализированном сервере, что в совокупности повышает надёжность системы, позволяет предоставить конечному пользователю постоянный дифференцируемый доступ без установления на рабочем месте специализированных инструментальных средств (СУБД) и снизить трудовые затраты в 4–7 раз по сравнению с предыдущей версией АИС «Кадастры». При этом снижение трудозатрат достигается не только за счёт применения вычислительной техники и программного обеспечения, но и благодаря сокращению некоторых этапов получения предметной информации [4–А; 8–А; 26–А; 40–А; 41–А; 42–А; 43–А; 44–А; 45–А; 47–А; 55–А; 72–А; 100–А; 101–А; 106–А; 113–А; 117–А; 170–А; 183–А; 184–А; 185–А; 186–А; 189–А].

2. Предложенный новый экспертно-статистический алгоритм позволяет осуществлять комплексную оценку экологического состояния природной среды без проведения дополнительных геохимических исследований, основываясь на объективных количественных показателях, состав которых может изменяться в зависимости от целей исследования и имеющейся информации. Данный алгоритм позволяет учитывать разрозненные характеристики и, благодаря взвешиванию значимости групп показателей, добавление новых слагаемых не искажает конечный результат [1–А; 2–А; 4–А; 12–А; 13–А; 14–А; 40–А; 41–А; 42–А; 43–А; 44–А; 53–А; 54–А; 56–А; 85–А; 88–А; 93–А; 99–А; 108–А; 119–А; 121–А; 122–А; 123–А; 133–А; 134–А; 143–А; 145–А; 147–А; 149–А].

3. Для количественной оценки влияния антропогенного воздействия на природную среду урбанизированных территорий предложен новый алгоритм, отличающийся как перечнем учитываемых показателей (экологическое

состояние атмосферного воздуха, почвенного покрова, водных ресурсов, зелёных насаждений, уровень шума и вибрации, ионизирующее излучение и объём накопления отходов) и формулами их расчёта, так и способом агрегирования. Оригинальными при этом представляются не этапы выполнения алгоритма, а их содержание.

Разработанный алгоритм интегральной оценки с применением ГИС-технологий использован при разработке Территориальных комплексных схем охраны окружающей среды областных городов (Брест, Гродно, Витебск, Могилёв, Гомель) в рамках исполнения Указа Президента Республики Беларусь от 28.07.2003 № 332 об утверждении генеральных планов областных центров. Полученные при этом результаты и природоохранные мероприятия являются, по сути, системой управления экологическими рисками.

При оценке эффективности на примере природоохранных мероприятий для атмосферного воздуха города Бреста показано, что в ценах на 01.01.2005 максимально возможный эффект от их внедрения составил 23480,7 тыс. руб./год [4–А; 20–А; 21–А; 22–А; 35–А; 45–А; 56–А; 57–А; 58–А; 59–А; 60–А; 63–А; 77–А; 85–А; 99–А; 116–А; 118–А; 127–А; 142–А; 157–А; 180–А].

4. Предложенная информационно-аналитическая методика позволяет формализовать задачи основных этапов выполнения государственной экологической экспертизы и определить перечень необходимого информационного и программного обеспечения. Это позволяет увеличить производительность труда специалистов, выполняющих ГЭЭ, повысить качество и обеспечить современный уровень принимаемых решений.

Разработано программное обеспечение подсистем АИС «Экспертиза» формирования и ведения документов ГЭЭ проектов различных субъектов хозяйствования, включая подготовку заключения по результатам экспертизы; программа для областного уровня, обеспечивающая доступ экспертов к информации в базах данных ПО «Экология» – «Атмосфера», «Отходы», «Водопользование»; программное обеспечение для автоматизации ввода исходных данных в УПРЗА «Эколог» для проведения экспертных расчётов загрязнения атмосферы и создания базы данных реестра источников выбросов; программное обеспечение для формирования и ведения базы данных очистных сооружений в населённых пунктах Республики Беларусь; программное обеспечение для формирования и ведения базы данных информационно-справочной системы законодательной и нормативно-технической информации государственной экологической экспертизы, проведено наполнение базы данных; выполнена разработка программного обеспечения для определения соответствия предполагаемого места размещения объекта экспертизы экологическим нормативам природопользования; сформулированы основные положения технологии формирования и пространственной привязки в среде ГИС

данных по источникам выбросов и объектам, подлежащим государственной экологической экспертизе; программное обеспечение для определения санитарного класса объекта, размеров санитарно-защитной зоны, расчёта числовых показателей КОП (категория опасности предприятия) и КОВ (критерий опасности вещества), периодичности отчётности и контроля производственного объекта, списка веществ, по которым необходимо в первую очередь проводить мероприятия по снижению выбросов в атмосферу [4–А; 28–А; 46–А; 137–А; 141–А].

5. Результаты проведённых исследований подтвердили наличие статистически значимых связей в системе «окружающая среда – здоровье населения» и позволили рассчитать уравнение регрессии, отражающее влияние загрязнения атмосферного воздуха областных центров на показатель общей детской заболеваемости.

Разработанная методика оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий позволяет комплексно учитывать изменения состояний основных природных компонентов и социальный эффект от снижения уровня заболеваемости населения вследствие улучшения качества окружающей среды, что позволяет повысить результативность природоохранной деятельности [4–А; 12–А; 13–А; 14–А; 16–А; 17–А; 18–А; 22–А; 29–А; 35–А; 51–А; 52–А; 53–А; 61–А; 62–А; 88–А; 93–А; 109–А; 110–А; 112–А; 114–А; 115–А; 125–А; 138–А; 139–А; 150–А; 153–А; 178–А; 179–А].

6. Предложена и апробирована новая методика оценки, анализа и оптимизации параметров рационального природопользования инновационных проектов. Предложены расчётные зависимости природоёмкости, экологичности и экономической эффективности рационального природопользования на основе ресурсобеспеченности, рационального и безотходного использования в отраслях экономики природных ресурсов [4–А; 5–А; 7–А; 8–А; 10–А; 19–А; 21–А; 23–А; 24–А; 27–А; 30–А; 39–А; 64–А; 65–А; 66–А; 67–А; 68–А; 69–А; 70–А; 71–А; 73–А; 74–А; 75–А; 76–А; 78–А; 80–А; 81–А; 82–А; 83–А; 84–А; 86–А; 87–А; 89–А; 90–А; 91–А; 92–А; 95–А; 96–А; 97–А; 98–А; 103–А; 104–А; 105–А; 120–А; 126–А; 128–А; 129–А; 131–А; 132–А; 135–А; 136–А; 140–А; 144–А; 146–А; 148–А; 162–А; 163–А; 165–А; 166–А; 167–А; 168–А; 172–А; 176–А].

7. Создан новый метод прогнозирования эколого-экономических параметров инновационных проектов для интеллектуальной поддержки принятия решений, который позволяет за счёт использования теории нечётких множеств учесть фактор неопределённости и использовать экспертные оценки для получения адекватных экстраполяционных моделей. При этом для перехода к нечёткому представлению данных функция принадлежности будет иметь треугольный вид, а основание треугольника будет равно произведению рассчитанного прогнозного значения на удвоенную разность единицы и величины

R^2 . Для получения чёткого числа используем методы дефuzziфикации – преобразования нечёткого множества к чёткой форме: методы центра тяжести и среднего центра. Кроме того, для учёта значимости экспертной оценки в результирующем прогнозном значении введён взвешивающий коэффициент [4–А; 8–А; 25–А; 79–А; 130–А].

8. Предложенные теоретические основы и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в социально-экологических системах с использованием ГА и ТНМ позволяют решать оптимизационные задачи в условиях неопределённости и неполноты информации, осуществлять анализ чувствительности получаемых результатов, строить нечёткие модели зависимости уровня заболеваемости населения от ряда количественных параметров качества природных компонентов. Успешность применения ГА прямо пропорциональна числу параметров и их значений, и в исследованиях автора достигала величины 19 раз при погрешности 1 % и размере начальной популяции 500 хромосом [3–А; 4–А; 8–А; 15–А; 25–А; 31–А; 32–А; 33–А; 34–А; 36–А; 37–А; 38–А; 46–А; 48–А; 49–А; 50–А; 79–А; 94–А; 102–А; 107–А; 111–А; 124–А; 130–А; 151–А; 152–А; 155–А; 158–А; 159–А; 160–А; 161–А; 164–А; 169–А; 173–А; 174–А; 175–А; 177–А; 181–А; 182–А; 187–А; 188–А; 190–А; 191–А; 192–А].

Разработаны Концепция информатизации Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и План действий по модернизации информационной сети Минприроды на период 2010–2012 гг. и на перспективу [4–А].

9. Разработана и внедрена новая информационно-аналитическая технология мониторинга русловых процессов и гидрологического режима рек с использованием данных дистанционного зондирования земли.

На основании разработанных рекомендаций по обеспечению устойчивости русел, проходящих по трансграничным водным путям рек, были проведены полевые исследования на проблемных участках реки Западный Буг и рекомендованы конкретные характеристики крепления.

Все выполненные исследования, а также результаты специальных гидрологических исследований, включающие мониторинг русловых процессов и гидрологического режима трансграничных рек с использованием данных ДЗЗ, оказывают позитивное влияние на обеспечение пограничной безопасности Республики Беларусь на трансграничных водотоках в оперативном режиме. Это позволяет значительно сэкономить средства на проведение берегоукрепительных работ за счёт их минимизации и своевременности.

В результате проведённых исследований общий экономический эффект от предотвращённой потери абразионных участков площадью 366,5 га земли составил 8 466 150 руб. (около 4,5 млн долл. США по состоянию на 04.06.2017 г.) [9–А; 11–А; 154–А; 156–А; 171–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанные методы и технологии могут быть эффективно применены для управления и поддержки принятия решений на местном, районном, областном, региональном и государственном уровнях. Наибольшую эффективность применения полученных результатов можно прогнозировать при решении задач управления экологическим состоянием природных сред урбанизированных территорий.

С использованием предложенных инструментов могут быть эффективно решены задачи оптимизации параметров планируемых и реализуемых инвестиционных проектов.

Научно-методические подходы и программные средства автоматизации расчёта риска совместно с методом оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий могут использоваться для снижения неблагоприятного воздействия загрязнённой ОС на здоровье населения путём разработки и обоснования наиболее эффективных мер.

Разработанные научно-методические основы управления в социально-экологических системах, Концепция информатизации и План реализации используются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь для управления эколого-экономической эффективностью природоохранных мероприятий и снижения влияния загрязнения окружающей среды на здоровье населения.

На основании выполненных исследований разработаны и переданы для практического использования Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь описание информационной технологии и комплекс программных средств для автоматизации процесса осуществления государственной экологической экспертизы проектов (Акт внедрения); научно-методические принципы формирования и ведения баз данных кадастровой информации (Акт внедрения); программное и информационное обеспечение для формирования и ведения баз данных кадастровой информации (АИС «Кадастры») (Акт внедрения). Акт приёма АИС «Кадастры» в опытную эксплуатацию утверждён Председателем Президиума Национальной академии наук Беларуси М.В. Мясниковичем.

Гомельской, Могилёвской и Брестской инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды переданы и используются Территориальные схемы охраны окружающей среды (Три акта внедрения).

В Республиканском научно-исследовательском унитарном предприятии РУП «БелНИЦ «Экология» используется комплекс программных средств для автоматизации природоохранной деятельности в составе системы поддержки принятия решений в области охраны окружающей среды урбанизированных территорий; подсистемы учёта и анализа сведений об особо охраняемых

природных территориях и объектах; подсистемы учёта и инвентаризации пестицидов; автоматизированной системы управления экологической экспертизой проектов; web-ориентированных средств автоматизации управления кадастрами природных ресурсов (два Акта внедрения).

Академии управления при Президенте Республики Беларусь, Белорусской медицинской академии последипломного образования переданы и используются методические пособия, информационные материалы и расчётно-программный комплекс (три Акта внедрения).

В Институте природопользования НАН Беларуси, в Дзержинской горрайинспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды внедрена автоматизированная система АИС «Кадастры» (два Акта внедрения).

Корпорации «Самсунг» (завод Самсунг Техвин, Сеул, Республика Корея) переданы и используются научно-методические основы и программные средства для автоматизации процесса анализа эколого-экономической эффективности инновационных производств (Акт внедрения).

Республиканскому научно-практическому центру гигиены переданы и используются программные средства для автоматизации расчёта и анализа риска воздействия на здоровье населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обусловленных выбросами промышленных объектов (Акт внедрения).

В Научно-инженерном республиканском унитарном предприятии «Геоинформационные системы» НАН Беларуси внедрены комплексные научно-технические решения по разработке метода оценки эколого-экономического ущерба и эффективности мероприятий, направленных на ликвидацию последствий аварийных выбросов токсических веществ (Акт внедрения).

В Белорусском институте системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы внедрены и используются методология анализа ресурсообеспеченности и программные средства для автоматизации сбора, хранения, обработки и отображения параметров экологичности инновационных проектов (Акт внедрения).

В Смоленском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Российская Федерация) внедрены и используются программные средства по расчёту перемещения аварийных загрязнений на участке реки Днепр г. Смоленск – граница с Республикой Беларусь (Акт внедрения).

В Управлении научно-технической политики Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь внедрены и используются научные основы анализа, оценок, прогнозирования и оптимизации производственно-экономических показателей развития инновационных производств в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь (Акт внедрения).

В Центральном научно-исследовательском институте комплексного

использования водных ресурсов внедрены web-ориентированные средства автоматизации управления кадастрами природных ресурсов (Акт внедрения).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ

Монографии

1–А. Рыбак В.А. Математическое и программное обеспечение автоматизированной оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения. – Минск: Институт математики НАН Беларуси, 2003.- 180 с.

2–А. Рыбак В.А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения. - Минск: РИВШ, 2008.- 368 с.

3–А. Рыбак В.А. Методологические основы принятия решений для управления природоохранной деятельностью.- Минск: РИВШ, 2009.- 274 с.

4–А. Рыбак В.А. Антропогенная нагрузка на окружающую среду: количественная оценка, анализ, нормирование: монография / В.А. Рыбак.- Минск: РИВШ, 2010.- 334 с.

5–А. Методология развития инновационных производств на основе технологического прогнозирования и оценки использования природных ресурсов / И.В. Войтов, М.А. Гатих, В.А. Рыбак, А.Л. Топольцев; под ред. И.В.Войтова.- Минск: Беларус. навука, 2012.- 439 с.

6–А. Водная система реки Свислочь: оценка качества, нормирование сбросов, оздоровление / Л.Н. Гертман, В.Н. Корнеев, С.А. Дубенок, В.А. Рыбак, И.А. Булак.- Минск: РИВШ, 2014.- 222 с.

7–А. Войтов И.В., Гатих М.А., Рыбак В.А. Научно-методические основы анализа и оценок технологического прогнозирования развития новых высокотехнологичных промышленных производств: монография.- Минск, 2015.- 532 с.

8–А. Рыбак В.А., Шокар А., Гриб А.Д. Научно-методические основы и программные средства автоматизации оценки и анализа параметров перспективных эколого-безопасных технологий. – Минск : РИВШ, 2017. – 264 с.

9–А. Рыбак В.А., Рябычина О.П. Информационно-аналитические системы экологического мониторинга / В. А. Рыбак, О. П. Рябычина. – Минск : РИВШ, 2023. – 312 с.

Главы монографий

10–А.Рыбак В.А. Системный анализ и обобщение мировых тенденций развития инновационных производств // Мировые тенденции анализа и оценок состояния и развития технологического прогнозирования и достижений промышленных производств / И.В. Войтов, М.А. Гатих, А.Л. Топольцев, В.И. Хитько; под ред. И.В. Войтова.- Минск, 2013.- С. 65-256.

11–А. Рыбак В.А. Актуальные вопросы и векторы развития современной науки и технологий // Технология мониторинга русловых процессов и гидрологического режима рек с использованием данных дистанционного зондирования земли / [Андрианова Л.П. и др.].- Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2022.- С. 23-61.

**Статьи в научных изданиях в соответствии
с п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и
присвоении ученых званий в Республике Беларусь и
в зарубежных журналах**

12–А. Рыбак В.А., Новиков Е.В. Информационная система медико-экологического мониторинга // Известия Белорусской Инженерной Академии. - 2000.- №1(9)/1.- С. 160-162.

13–А. Асаенок И.С., Новиков Е.В., Рыбак В.А. Анализ официальной статистической информации о состоянии заболеваемости населения с учетом загрязнения окружающей среды. Предпатология: проблемы и решения: Сб. науч. тр./ Под ред. С.М. Соколова. – Минск: Бел. Навука, 2000.- С. 138-144.

14–А. Рыбак В.А., Новиков Е.В. Система программных средств медико-экологического мониторинга // Известия Белорусской Инженерной Академии.- 2001.- №1(11)/1.- С. 150-152.

15–А. Рыбак В.А. Поддержка принятия решений в области рационального природопользования // Доклады БГУИР.- 2006.- №1.- С. 95-98.

16–А. Антонова Ю.Е., Иванюкович В.А., Рыбак В.А., Морозик В.М. Численная оценка экологического состояния урбанизированных территорий // Инженерный вестник.- 2006.- №1(21)/3.- С. 151-153.

17–А. Рыбак В.А. Комплексный подход к оценке экономической эффективности природоохранных мероприятий // Вестник БрГТУ.- 2006.- №3(39).- С. 122-125.

18–А. Рыбак В.А. Антропоцентрический подход к оценке экономической эффективности природоохранных мероприятий // Вестник Полоцкого государственного университета. Прикладные науки.- 2006.- №9.- С. 131-135.

19–А. Рыбак В.А., Сосновский В.В., Грибко Е.Л. Основные направления совершенствования территориального эколого-экономического планирования и прогнозирования // Инженерный вестник.-2008.- №2.- С. 11-13.

20–А. Анализ загрязнения почвенного покрова военными объектами / В.А. Рыбак, В.И. Матвеева, Т.Н. Сочнева, В.В. Крусь // Инженерный вестник.-2008.- №2.- С. 61-65.

21–А. Научно-инновационный подход к решению проблемы оценки и управления качеством окружающей природной среды в Республике Беларусь /

И.В.Войтов, М.А.Гатих, Л.С.Лис, В.А.Рыбак // Вестник БНТУ.-2009.- №2.- С. 67-75.

22–А. Оценка уровня антропогенной нагрузки урбанизированных территорий на окружающую среду. (На примере Гомельского района.) / В.А.Рыбак, Д.М.Ерошина, Н.А.Лысухо, Г.И.Глазачева, В.М.Феденя // Экология и промышленность России.- 2009.- №11.- С. 48-51.

23–А. Рыбак В.А. Информационно-программное обеспечение системы мониторинга распределённой информации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь / В.А.Рыбак, Д.В.Малик, Г.П.Писарик // Вестник БНТУ.- 2009.- №6.- С. 61-65.

24–А. Рыбак В.А., Малик Д.В. Методы и средства обработки параметров экологичности инновационных проектов // Доклады БГУИР.- 2009.- №8.- С.108-113.

25–А. Рыбак В.А. Использование теории нечётких множеств для оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий // Инженерный вестник.- 2010.- №1.- С.86-93.

26–А. Рыбак В.А., Малик Д.В. Автоматизированная система сбора и обработки распределённой информации кадастров природных ресурсов // Доклады БГУИР.- 2010.- №1.- С. 84-89.

27–А. Рыбак В.А., Малик Д.В. Научно-методические принципы и процедуры прогнозных оценок основных видов природных ресурсов применительно к инновационным производствам // Доклады БГУИР.- 2011.- №2(56).- С. 47-51.

28–А. Средства автоматизации государственной экологической экспертизы проектов / В.А.Рыбак, М.А.Гатих, С.И.Образцов, В.В.Валентейчик // Вестник БНТУ.- 2011.- №2.- С. 62-67.

29–А. Рыбак В.А. Анализ и оптимизация антропогенной нагрузки на окружающую среду // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Информатика. Телекоммуникации. Управление».- 2012.- №3.- С. 93-99.

30–А. Рыбак В.А., Сулейман Х.М. Анализ и оптимизация эколого-экономических параметров инновационных проектов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Информатика. Телекоммуникации. Управление».- 2012.- №6.- С. 175-179.

31–А. Рыбак В.А. Технология поддержки принятия решений в области рационального природопользования // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Информатика. Телекоммуникации. Управление».- 2013.- №2.- С. 135-140.

32–А. Рыбак В.А., Сулейман Х.М. Обучение нейронной сети для поддержки принятия решений на валютном рынке // Доклады БГУИР.- 2014.- №1(79).- С. 39-45.

33–А. Рыбак В.А., Сулейман Х.М. Применение и оптимизация нейронных сетей для поддержки принимаемых решений на валютном рынке // Доклады БГУИР.- 2014.- №8(86).- С. 55-59.

34–А. Рыбак В.А., Сулейман Х.М. Интеллектуальная поддержка принятия решений на рынке Форекс // Информатика.- 2014.- №4(44).- С. 52-58.

35–А. Рыбак В.А. Интегральная оценка экологического состояния урбанизированных территорий // Научный Вестник НЛТУ Украины: сб. научн.-техн. трудов.- Львов.- 2015.- Вып. 25.5.- С. 135-145.

36–А. Рыбак В.А. Применение генетических алгоритмов для решения задач оптимизации качества окружающей среды // Системный анализ и прикладная информатика.-2015.- №2.- С. 65-70.

37–А. Рыбак В.А., Шокар А. Аналитический обзор и сравнение существующих технологий поддержки принятия решений // Системный анализ и прикладная информатика.- 2016.- №3(11).- С. 12-18.

38–А. Рыбак В.А., Шокар А. Методы и средства для анализа и прогноза эколого-экономических показателей ресурсоёмких инновационных проектов // Вестник НТУУ «КПИ». Информатика, управление и вычислительная техника: Сб. научн. тр.- 2016.- №64.- С. 68-75.

39–А. Рыбак В.А., Шокар А. Генетические алгоритмы для решения оптимизационных задач в области телекоммуникаций // Вестник связи.- 2017.- №4.- С. 28-32.

40–А. Рыбак В.А., Рябычина О.П. Обзор методов и средств мониторинга загрязнения атмосферного воздуха // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и технические науки.- 2018.- №4.- С. 76-83.

41–А. Рыбак В.А., Ганбари З., Рябычина О.П. Перспективы применения новейших информационных технологий в экологической диагностике, распознавании образов и томографии // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и технические науки.-2018.- №6.- С. 130-135.

42–А. Рябычина О.П., Рыбак В.А. Методы и средства мониторинга загрязнения атмосферного воздуха // Проблемы инфокоммуникаций. – 2018.- №1(7).– С. 29-37.

43–А. Рябычина О.П., Рыбак В.А. Аналитический обзор аппаратных средств мониторинга загрязнения атмосферного воздуха // Веснік сувязі. – 2018.- 3(149) . – С. 55-58.

44–А. Рябычина О.П., Рыбак В.А. Информационная подсистема анализа загрязнения атмосферного воздуха // Веснік сувязі. – 2019.- 2(154). – С. 48-52.

45–А. Рыбак В.А., Рябычина О.П., Гриб А.Д. Моделирование переноса загрязнения окружающей среды в атмосферном воздухе и водных объектах // Вестник связи. – 2019. – № 5. – С. 51-55.

46–А. Рыбак В.А., Гриб А.Д., Ахмад Ш. Применение информационных технологий для автоматизации управления природоохранной деятельностью // Системный анализ и прикладная информатика. – 2019. – № 3. – С. 36-45.

47–А. Рыбак В.А., Рябычина О.П. Система экологического мониторинга атмосферного воздуха // Доклады БГУИР.- 2020.- №4.- Т. 18.- С. 36-43.

48–А. Рыбак В.А., Рябычина О.П. Система поддержки принятия решений при выборе оптимального маршрута движения людей с учётом загрязнения воздуха // Проблемы инфокоммуникаций.- 2020.- №1(11).- С.68-74.

49–А. Рябычина О.П., Рыбак В.А. Система поддержки принятия решений при выборе оптимального маршрута движения пешеходов в городе с учётом загрязнения атмосферного воздуха // Веснік сувязі.- 2021.- №6.- С. 61-63.

50–А. Рыбак В.А., Гриб А.Д. Нейро-нечёткая система выбора оптимальных природоохранных мероприятий // Перспективы науки. – 2021. – №10. – С. 22-26.

Статьи в других рецензируемых научных изданиях

51–А. Рыбак В.А., Новиков Е.В. Система измерения биоэлектрических процессов на базе компьютера // Известия Белорусской Инженерной Академии.- 1999.- №1(7)/.- С. 94-95.

52–А. Рыбак В.А. Исследование взаимозависимости между изменениями функционального состояния здоровья операторов в течение рабочей смены // Веснік сувязі.- 1999.- №6.- С.40-41.

53–А. Рыбак В.А. К вопросу о комплексной оценке экологического состояния городских территорий. Здоровье и окружающая среда: Сб. науч. тр. Вып. 7 / Гл. ред. С.М. Соколов.- Минск: Друк-С, 2006.- С. 367-374.

54–А. Рыбак В.А. Исследование влияния качества окружающей среды города Витебска на здоровье детского населения. Здоровье и окружающая среда: Сб. науч. тр. Вып. 8 / Гл. ред. С.М. Соколов.- Минск: Друк-С, 2006.- С. 131-138.

55–А. Автоматизированная система формирования и управления кадастровой информацией о состоянии и использовании природных ресурсов Республики Беларусь (АИС «Кадастры») / М.А. Гатих, В.А. Рыбак, М.В. Грищенко, Т.Н. Сочнева // Природные ресурсы.- 2006.- №4.- С. 25-31.

56–А. Рыбак В.А., Грищенко М.В., Крусь В.В. Исследование влияния качества окружающей среды г. Могилёва на здоровье детского населения // Вестник Белорусско-Российского университета.- 2006.- №4.- С. 236-242.

57–А. Загрязнение почвенного покрова г. Могилёва тяжёлыми металлами / В.М. Феденя, В.И. Матвеева, В.А. Рыбак, В.В. Валентейчик, М.В. Грищенко, В.В.

Крусъ, Т.И. Сочнева // Вестник Белорусско-Российского университета.- 2006.- №4.- С. 243-250.

58–А. Рыбак В.А., Грищенко М.В., Сочнева Т.Н. Исследование влияния качества окружающей среды города Витебска на здоровье детского населения // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Е, Педагогические науки. - 2006. - № 5. - С. 125-130.

59–А. Рыбак В.А. Исследование влияния качества окружающей среды города Гомеля на здоровье детского населения / В.А. Рыбак // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. Вып. 10 / ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены»; гл. ред. С.М. Соколова.- Минск, 2007.- С. 154-163.

60–А. Рыбак В.А. Исследование загрязнения почвенного покрова животноводческими комплексами / В.А.Рыбак, В.И. Матвеева, Т.Н. Сочнева, В.В. Крусъ // Вестник ПГУ.-2007.- №12- С. 165-169.

61–А. Рыбак В.А. Влияние факторов окружающей среды на здоровье населения // Вестник ПГУ.-2007.- №11.- С. 95-98.

62–А. Рыбак В.А. Влияние факторов окружающей среды на здоровье детского населения урбанизированных территорий // Экология урбанизированных территорий.- 2008.- №1- С. 25-29.

63–А. Информационно-аналитические основы комплексной оценки состояния окружающей среды / В.А. Рыбак, В.М. Феденя, В.В. Валентейчик, В.И. Матвеева, В.В. Крусъ, Г.И. Глазачева // Вестник Брестского государственного технического университета.- 2008.- №2.- С. 60-65.

64–А. Научно-инновационный метод оценки и контроля за уровнем безотходности производств, образованием, движением и захоронением производственных отходов / И.В. Войтов, М.А. Гатих, В.А. Рыбак, В.В. Ходин // Вестник Брестского государственного технического университета.- 2008.- №2.- С. 65-71.

65–А. Войтов И.В., Гатих М.А., Рыбак В.А. Методические принципы анализа и оценок ресурсобеспеченности, природоёмкости и экологичности производств как важных показателей инновационного развития экономики Беларуси // Вестник Брестского государственного технического университета.- 2008.- №2.- С. 71-76.

66–А. Войтов И.В., Гатих М.А., Рыбак В.А. Научно-инновационный метод оценки и оптимизации управления эколого-экономической эффективностью рационального природопользования // Вестник ПГУ.-2008.- №6.- С. 129-138.

67–А. Научно-инновационные принципы геоэкологического районирования административных территорий Беларуси / И.В. Войтов, М.А. Гатих, Л.С. Лис, В.А. Рыбак // Вестник Белорусско-Российского университета.- 2009.- №1.- С. 113-127.

68–А. Войтов И.В., Гатих М.А., Рыбак В.А. Научно-аналитические подходы к оценкам состояния и повышения эффективности технологических процессов инновационных производств // Вестник БГУ.- 2009.- №1.- С. 100-106.

69–А. Рыбак В.А., Гатих М.А., Малик Д.В. Научно-методические принципы и программные средства формирования и анализа системы показателей экологичности инновационных проектов // Вестник КИИ.- 2009.- №2.- С. 105-111.

70–А. Рыбак В.А., Малик Д.В., Писарик Г.П. Разработка программных средств анализа параметров экологичности проектов в рамках автоматизированной системы мониторинга распределённой информации государственной программы инновационного развития Республики Беларусь // Вестник КИИ.- 2009.- №2.- С. 112-118.

71–А. Рыбак В.А., Малик Д.В. Представление информации на экране дисплея в автоматизированных системах мониторинга // Информатика и образование.- 2009.- №10.- С. 117-120.

72–А. Рыбак В.А., Малик Д.В. Программные средства для автоматизации обработки и отображения информации кадастров природных ресурсов // Чрезвычайные ситуации: образование и наука.- 2009.- №2(4).- С. 94-100.

73–А. Принципы формирования и функционирования системы электронного мониторинга Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь / В.А.Рыбак, Г.П.Писарик, М.А.Гатих, Д.В.Малик // Чрезвычайные ситуации: образование и наука.- 2009.- №2(4).- С. 101-108.

74–А. Войтов И.В., Гатих М.А., Рыбак В.А. Научно-методические основы оптимизации показателей эффективности инновационного развития промышленности Беларуси // Новости науки и технологий.-2009.-№4(13).-С. 33-39.

75–А. Организационно-методические принципы формирования системы электронного мониторинга Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь / И.В.Войтов, М.А.Гатих, Г.П.Писарик, В.А.Рыбак // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Д.- 2009.- №4.- С.7-11.

76–А. Научно-технические принципы построения и взаимосвязи в электронной системе мониторинга Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь / И.В. Войтов, М.А. Гатих, Г.П. Писарик, В.А. Рыбак // Вестник Белорусско-Российского университета.- 2010.- №1.- С.167-173.

77–А. Интегральная оценка экологического состояния урбанизированных территорий на примере города Могилёва / В.А. Рыбак, В.В. Валентейчик, В.И. Матвеева, Г.И. Глазачева, В.В. Крусь // Экология урбанизированных территорий.- 2010.- №1- С.97-103.

78–А. Информационно-аналитические методы анализа и оценок основных эколого-экономических показателей рационального природопользования и охраны окружающей среды / И.В.Войтов, М.А.Гатих, В.А.Рыбак, В.В.Ходин // Новости науки и технологий.-2010.- №1(14).- С. 3-10.

79–А. Рыбак В.А. Использование теории нечётких множеств для оценки эколого-экономической эффективности // Новости науки и технологий.- 2010.- №1(14).- С. 21-29.

80–А. Научно-методические принципы анализа и оценок техногенного состояния административных территорий методами и средствами геоэкологического районирования / И.В.Войтов, М.А.Гатих, Л.С.Лис, В.А.Рыбак // Новости науки и технологий.- 2010.-№1(14).- С. 30-42.

81–А. Войтов И.В., Гатих М.А., Рыбак В.А. Методические принципы анализа и оценок ресурсобеспеченности, природоёмкости и экологичности производств как важных показателей инновационного развития экономики Беларуси // Новости науки и технологий.- 2010.- №2(15).- С. 3-11.

82–А. Научно-методические принципы анализа, оценки и прогнозирования ресурсобеспеченности инновационных производств / И.В.Войтов, М.А.Гатих, В.А.Рыбак, Л.В.Шенец // Новости науки и технологий.- 2010.- №3(16).- С. 7-15.

83–А. Войтов И.В., Гатих М.А., Рыбак В.А. Научно-методические основы формирования показателей ресурсобеспеченности инновационных производств в составе отраслей экономики Беларуси // Новости науки и технологий.- 2011.- №1(18).- С. 11-17.

84–А. Научные принципы технологического прогнозирования и их применение для формирования экономически значимых показателей развития инновационных производств / И.В.Войтов, М.А.Гатих, В.А.Рыбак, А.Л.Топольцев // Новости науки и технологий.- 2011.- №2(19).- С. 3-9.

85–А. Рыбак В.А., Бакунова О.М. Научно-методические принципы оценки антропогенного воздействия на окружающую среду: аналитический обзор // Природные ресурсы.- 2012.- №1.- С. 99-105.

86–А. Анализ мировых тенденций развития экономической эффективности и рентабельности производств, реализуемых методами технологического прогнозирования и формирования инновационных технологий / И.В.Войтов, М.А.Гатих, В.А.Рыбак, В.И.Хитько // Новости науки и технологий.- 2012.- №2(21).- С. 3-14.

87–А. Рыбак В.А. Методологические принципы анализа и прогноза уровня ресурсобеспеченности инновационных производств // Новости науки и технологий.- 2012.- №2(21).- С. 26-35.

88–А. Научно-методические принципы формирования инновационных проектов на создание высокотехнологичных и наукоёмких производств /

И.В.Войтов, М.А.Гатих, В.И.Хитько, В.А.Рыбак // Новости науки и технологий.- 2012.- №3(22).- С.7-19.

89–А. Теоретические основы формализации показателей экономической эффективности: добавленной стоимости и прогнозирования выпуска высококачественной промышленной продукции / И.В.Войтов, М.А.Гатих, В.А.Рыбак, В.И.Хитько // Новости науки и технологий.- 2012.- №4(23).- С.21-28.

90–А. Законодательное обеспечение оценки риска воздействия на здоровье населения качества атмосферного воздуха в Республике Беларусь / Т.Е.Науменко, В.А.Рыбак, Т.Д.Грищенко, Л.М.Шевчук, А.Е.Пшегорода, А.Н.Ганькин // Анализ риска здоровью.- 2013.- №1.- С. 30-35.

91–А. Гатих М.А., Рыбак В.А. Научно-методические принципы анализа и оценок эколого-экономических показателей промышленных предприятий // Новости науки и технологий.- 2013.- №1-2(24-25).- С.28-33.

92–А. Метод формирования расчётных уравнений анализа и оценок критериальных показателей развития инновационных технологий посредством уравнений аппроксимации их динамики / И.В. Войтов, П.И. Балтрукович, М.А. Гатих, В.А. Рыбак // Новости науки и технологий.- 2013.- №3-4(26-27).- С.22-34.

93–А. Рыбак В.А. Исследование влияния качества окружающей среды на здоровье населения. – Саарбрюкен: Lap Lambert Academic Publishing, 2014. - 414 с.

94–А. Рыбак В.А. Методы принятия решений в экологии. – Саарбрюкен: Lap Lambert Academic Publishing, 2014. - 376 с.

95–А. Гатих М.А., Рыбак В.А., Дрожжа Л.Ч. Научно-методические основы формирования и формализации управленческих решений по совершенствованию и развитию высокотехнологичных и наукоёмких отраслей экономики в Республике Беларусь // Новости науки и технологий.- 2014.- №1(28).- С. 17-29.

96–А. Гатих М.А., Рыбак В.А. Структура, состав, содержание и прогнозные оценки развития основных отраслей и выпуска наиболее важной продукции народным хозяйством Беларуси до 2020 г. // Новости науки и технологий.- 2014.- №3-4(30-31).- С. 31-42.

97–А. Гатих М.А., Малашенко М.П., Рыбак В.А. Современное состояние и прогнозные оценки развития основных показателей и направлений энергетики в Республике Беларусь до 2020 г. // Новости науки и технологий.- 2014.- №3-4(30-31).- С. 43-56.

98–А. Рыбак В.А., Шокар А. Разработка и обоснование сетевой модели для обработки и отображения параметров экологичности инновационных проектов // Проблемы инфокоммуникаций.- 2015.- №2(2).- С. 59-66.

99–А. Рыбак В.А., Гриб А.Д., Шокар А. Анализ сущности «зелёной экономики» и инструментов управления качеством окружающей среды на примере Республики Беларусь // Интерактивная наука.- 2016.- № 4.- С. 97-107.

100–А. Рыбак В.А., Шокар А. Использование инфокоммуникационных технологий для автоматизации учёта наличия и использования природных ресурсов // Проблемы инфокоммуникаций.- 2016.- №1(3).- С. 11-15.

101–А. Рыбак В.А., Шокар А. Основные характеристики автоматизированной системы учёта наличия и использования природных ресурсов // Евразийский союз учёных.- 2016.- №4(25).- С. 140-145.

102–А. Рыбак В.А., Сулейман Х.М., Шокар А. Аналитический обзор и сравнение существующих методов поддержки принятия решений // Сборник публикаций научного журнала «Chronos» по материалам XI международной научно-практической конференции 1 часть: «Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы», г. Москва: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень).- М.: Научный журнал «Chronos», 2017.- С.68-75.

103–А. Рыбак В.А., Гриб А.Д. Перспективные эколого-безопасные технологии как основное направление устойчивого инновационного развития страны // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F.- 2017.- №8.- С.189-193.

104–А. Рыбак В.А., Гриб А.Д. Алгоритмизация процесса оптимизации параметров перспективных эколого-безопасных технологий // Мелиорация.- 2017.- №3(81).- С. 69-75.

105–А. Гриб А.Д., Рыбак В.А. Эколого-экономическая оценка молочного производства / А.Д. Гриб, В.А. Рыбак // Труды БГТУ.- серия 2.- 2019.- №2.- С. 214-219.

106–А. Рыбак В.А., Рябычина О.П. Аппаратное обеспечение системы для экологической диагностики загрязнения атмосферного воздуха // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника.- 2020.- № 3.- т. 23.- С. 93-99.

107–А. Рыбак В.А., Рябычина О.П. Аппаратно-программный комплекс для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха и выбора оптимального маршрута движения // Вестник КамчатГТУ.- 2020.- №52.- С. 6-17.

Материалы конференций

108–А. Новиков Е.В., Рыбак В.А. Эколого-гигиенический мониторинг с использованием информационных технологий // Материалы Четвертой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием “Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности”, С.-Петербург, 16-18 июня 1999.- С. 186.

109–А. Рыбак В.А. Компьютерная система оценки состояния среды обитания и здоровья населения // Материалы III Республиканской научной конференции студентов и аспирантов. Гомель, 13-18 марта 2000.- С. 91-92.

110–А. Рыбак В.А. Информационная система медико-экологического мониторинга // Материалы IV Республиканской научной конференции студентов и аспирантов. Гомель, 19-21 марта 2001.- С.187.

111–А. Рыбак В.А., Новиков Е.В. Средства статистической оценки изменения уровня внимания и утомляемости студентов во время работы за компьютером // Материалы Республиканской научно-методической конференции «Проблемы и пути развития высшего технического образования». Минск, 15-16 мая 2001.- С. 70-71.

112–А. Рыбак В.А. Методика комплексной оценки влияния факторов среды на здоровье населения // Сахаровские чтения 2002 года: экологические проблемы XXI века: Материалы международной конференции ведущих специалистов, молодых ученых и студентов, 17-21 мая 2002г., Минск / Международный государственный экологический университет – Минск: Триолета, 2002. – С. 116-118.

113–А. Гатих М.А., Рыбак В.А. Автоматизированная информационная система "Кадастры" как средство поддержки принятия управленческих решений // Материалы IV Международной науч.-практ. конф. «Информация, анализ, прогноз – стратегические рычаги эффективного государственного управления», Киев: УкрИНТЭИ, 2004.- С. 74-76.

114–А. Рыбак В.А. Информационно-аналитические основы медико-экологического мониторинга // Медэлектроника-2004. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: Материалы III Международной научно-практической конференции, 9-10 декабря 2004, Минск / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники – Минск: Бестпринт, 2004. – С. 403-406.

115–А. Рыбак В.А., Альтшулер Я.Е. Оценка влияния факторов среды на здоровье населения на основе эколого-медицинских рисков // Сахаровские чтения 2005 года: экологические проблемы XXI века: Материалы 5-ой международ. науч. конф., 20-21 мая 2005г., Минск / Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2005.- С. 186-187.

116–А. Рыбак В.А., Петроченко И.В. Геоэкологическое зонирование территорий // Сахаровские чтения 2005 года: экологические проблемы XXI века: Материалы 5-ой международ. науч. конф., 20-21 мая 2005г., Минск / Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2005.- С.187-188.

117–А. Рыбак В.А. Автоматизированные средства учета и анализа природно-ресурсного потенциала регионов // Теоретические и прикладные проблемы геоэкологии: Материалы II Международной научной конференции, 15-18 ноября 2005г., Минск / Минск: БГПУ, 2005.- С. 57-58.

118–А. Иванюкович В.А., Карпей А.Л., Коршак О.В., Рыбак В.А. Моделирование и расчет загрязнения атмосферы Витебска автотранспортом //

Управление информационными ресурсами: материалы IV Международной научно-практической конференции, 17 мая 2006г., Минск / Минск: Акад. упр. при Президенте РБ, 2006.- С. 199-202.

119–А. Рыбак В.А. Комплексный подход к оценке экологического состояния урбанизированных территорий // Сахаровские чтения 2006 года: Экологические проблемы XXI века: Материалы 6-ой международной научной конференции 18-19 мая 2006 года, г.Минск / Минск: МГЭУ, 2006.- Ч. 2.- С. 177-180.

120–А. Рыбак В.А., Сосновский В.В. Методологические основы эколого-экономического планирования и прогнозирования // Состояние и пути развития рационального природопользования и охраны окружающей среды Беларуси и России: Материалы научно-практической конференции, 14-16 ноября 2006г., Полоцк / Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2006.- С. 230-234.

121–А. Рыбак В.А. Комплексная оценка антропогенных воздействий на городскую среду и окружающую территорию // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон: Материалы 4-ой Международной конференции, 25-27 ноября 2006г., Санкт-Петербург / СПб.: РГГМУ, 2006.- С. 77-78.

122–А. Антонова Ю.Л., Иванюкович В.А., Рыбак В.А. Количественная оценка состояния окружающей среды // Управление информационными ресурсами: материалы пятой международной научно-практической конференции, Минск, 17 мая 2007 г. / Академия управления при Президенте Республики Беларусь; редкол.: Н.И. Белодед [и др.]. – Минск, 2007. – С. 98–100.

123–А. Рыбак В.А. Информационные ресурсы государственного управления в области рационального природопользования // Управление информационными ресурсами: материалы пятой международной научно-практической конференции, Минск, 17 мая 2007 г. / Академия управления при Президенте Республики Беларусь; редкол.: Н.И. Белодед [и др.]. – Минск, 2007. – С. 101–103.

124–А. Рыбак В.А. Влияние факторов окружающей среды на здоровье населения / В.А. Рыбак // Сахаровские чтения 2007 года: Экологические проблемы XXI века: материалы 7-й международной научной конференции, Минск, 17-18 мая 2007 г. / Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова; редкол.: С.П. Кундас [и др.]. – Минск, 2007. – С. 81.

125–А. Рыбак, В.А. Комплексный подход к оценке экологического состояния урбанизированных территорий / Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. Сборник трудов международной конференции. 25-27 октября 2006-СПб.: изд. РГГМУ, 2007.- С. 8-13.

126–А. Рыбак В.А., Гатих М.А. Информационные ресурсы государственного управления инновационным развитием рационального природопользования и охраны окружающей среды в Республике Беларусь // Управление информационными ресурсами: материалы шестой международной научно-практической конференции, Минск, 24 апреля 2008 г. / Академия управления при Президенте Республики Беларусь; редкол.: А.С. Гринберг [и др.]. – Минск, 2008. – С. 42-44.

127–А. Рыбак В.А., Гатих М.А., Малик Д.В. Автоматизированная система мониторинга Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь // Современные средства связи: материалы 13 Международной научно-технической конференции, Минск, 7-9 октября 2008 г. / редкол.: М.А. Баркун [и др.].- Минск, 2008.- С. 176-177.

128–А. Рыбак В.А. Комплексная оценка экологического состояния урбанизированных территорий // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы IV международной научной конференции, Минск, 14-17 октября 2008 г. / БГУ; редкол.: А.Н. Витченко [и др.]. – Минск, 2008.- С. 209-211.

129–А. Рыбак В.А., Гатих М.А., Малик Д.В. Разработка автоматизированной системы мониторинга государственной программы инновационного развития Республики Беларусь // Женщина. Общество. Образование: материалы 11 Международной междисциплинарной научно-практической конференции, Минск, 19-20 декабря 2008 г. / ЖИ ЭНВИЛА; редкол.: Л.А. Черепанова [и др.].- Минск, 2008.- С. 397-399.

130–А. Рыбак В.А. Применение "мягких" вычислений для оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон: материалы V Международной конференции, Санкт-Петербург, 7-9 июля 2009 г. / под. ред. Л.Н. Карлина [и др.].- СПб.: Крисмас+, 2009.- С. 71-72.

131–А. Рыбак В.А., Малик Д.В. Методы и средства автоматизации процесса мониторинга параметров экологичности инновационных проектов // Управление информационными ресурсами: материалы VII Международной научно-практической конференции, Минск, 25 ноября 2009 г. / Академия управления при Президенте РБ; редкол. В.А.Богуш [и др.].- Минск, 2009.- С. 33-34.

132–А. Малик Д.В., Рыбак В.А. Автоматизированные средства обработки параметров экологичности инновационных проектов // Женщина. Общество. Образование: материалы 12 Международной научно-практической конференции, Минск, 18-19 декабря 2009 г. / ЖИ ЭНВИЛА; редкол.: Л.А. Черепанова [и др.].- Минск, 2010.- С. 277-280.

133–А. Рыбак В.А., Малик Д.В. Автоматизированная система управления параметрами экологичности инновационных проектов // Теоретико-методологические и прикладные аспекты государственного управления:

материалы XIV Республиканской научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов, Минск, 26-27 марта 2010 г., Ч. 1 / Академия управления при Президенте Республики Беларусь; редкол.: С.В. Апанасевич [и др.].- Минск, 2010.- С. 236-240.

134–А. Малик Д.В., Рыбак В.А. Автоматизированные методы и средства обработки и отображения параметров экологичности инновационных проектов промышленного назначения // Сахаровские чтения 2010 года: экологические проблемы XXI века: материалы 10-й междунар. науч. конф., Минск, 20-21 мая 2010 г.: в 2 ч. / Междунар. гос. эколог. ун-т; редкол.: С.П.Кундас [и др.].- Минск, 2010.- Ч. 2.- С. 80.

135–А. Рыбак В.А. Количественная оценка антропогенного воздействия на природную среду урбанизированных территорий // Сахаровские чтения 2010 года: экологические проблемы XXI века: материалы 10-й междунар. науч. конф., Минск, 20-21 мая 2010 г.: в 2 ч. / Междунар. гос. эколог. ун-т; редкол.: С.П.Кундас [и др.].- Минск, 2010.- Ч. 2.- С. 84-85.

136–А. Бакунова О.М., Рыбак В.А. Комплексная оценка антропогенных нагрузок на территории административных районов // Сахаровские чтения 2010 года: экологические проблемы XXI века: материалы 10-й междунар. науч. конф., Минск, 20-21 мая 2010 г.: в 2 ч. / Междунар. гос. эколог. ун-т; редкол.: С.П.Кундас [и др.].- Минск, 2010.- Ч. 2.- С. 94.

137–А. Информационно-моделирующая система по оценке риска воздействия на здоровье населения экологических факторов при проектировании объектов / В.П.Филонов, Т.Е.Науменко, Л.М.Шевчук, В.А.Рыбак // Инвенции. Инновации. Инвестиции: материалы международной научно-практической конференции, Минск, 26-28 мая 2010 г. / [сост. Ж.В.Комарова].- Минск: Беларуская навука, 2010.- С. 83-84.

138–А. Бакунова О.М., Рыбак В.А. Научные основы и автоматизированные средства оценки экологического риска административных территорий // Экология человека и проблемы окружающей среды в постчернобыльский период: материалы международной научной конференции молодых учёных, аспирантов, магистрантов, студентов, Минск, 11-12 ноября 2010 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; редкол.: С.Б. Мельнов [и др.].- Минск, 2011.- С. 105-106.

139–А. Малик Д.В., Рыбак В.А. Методы и средства мониторинга экологичности инновационных проектов // Экология человека и проблемы окружающей среды в постчернобыльский период: материалы международной научной конференции молодых учёных, аспирантов, магистрантов, студентов, Минск, 11-12 ноября 2010 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; редкол.: С.Б. Мельнов [и др.].- Минск, 2011.- С. 118-119.

140–А. Рыбак В.А. Оценка антропогенного воздействия как основа экологического менеджмента // Экология человека и проблемы окружающей

среды в постчернобыльский период: материалы международной научной конференции молодых учёных, аспирантов, магистрантов, студентов, Минск, 11-12 ноября 2010 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; редкол.: С.Б. Мельнов [и др.]- Минск, 2011.- С. 124-125.

141–А. Филонов В.П., Науменко Т.Е., Рыбак В.А. Информационно-расчётная система по оценке риска воздействия на здоровье населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе // Медэлектроника-2010: средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: сборник научных статей VI Международной научно-технической конференции, Минск, 8-9 декабря 2010 г. / БГУИР; редкол.: В.С.Улащик [и др.]- Минск: БГУИР, 2010.- С. 329-331.

142–А. Комплексная оценка антропогенных нагрузок на территории административных районов / О.М.Бакунова, В.А.Рыбак, А.М.Бакунов, А.В.Батура // Инженерно-педагогическое образование: проблемы и пути развития: материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 19-20 мая 2011 г. / МГВРК; под ред. С.Н.Анкуды.- Минск, 2011.- С. 41-42.

143–А. Малик Д.В., Рыбак В.А. Автоматизированные методы и средства передачи и отображения медико-экологических параметров инновационных проектов промышленного назначения // Сахаровские чтения 2011 года: экологические проблемы XXI века: материалы 11-й международной научной конференции, Минск, 19-20 мая 2011 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса, С.С. Позняка.- Минск, 2011.- С. 329.

144–А. Бакунова О.М., Рыбак В.А. Научно-методические принципы оценки антропогенного воздействия на окружающую среду административных районов // Сахаровские чтения 2011 года: экологические проблемы XXI века: материалы 11-й международной научной конференции, Минск, 19-20 мая 2011 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса, С.С. Позняка.- Минск, 2011.- С. 341.

145–А. Рыбак В.А. Методология комплексной оценки антропогенного воздействия на окружающую среду урбанизированных территорий // Сахаровские чтения 2011 года: экологические проблемы XXI века: материалы 11-й международной научной конференции, Минск, 19-20 мая 2011 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса, С.С. Позняка.- Минск, 2011.- С. 396.

146–А. Гатих М.А., Рыбак В.А., Дрожжа Л.Ч. Научно-методические принципы анализа и оптимизации основных эколого-экономических показателей инновационных производств // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XII Международной научной конференции, Минск, 20-21 октября 2011 г.: в 3 т. / НИЭИ.- Минск, 2011.- Т.3.- С. 12-13.

147–А. Бакунова О.М., Рыбак В.А., Бакунов А.М. Оценка антропогенной нагрузки на окружающую среду в рамках комплексных исследований экологического состояния административных территорий // Научно-технические и экологические проблемы природопользования: материалы Международной научно-практической конференции, Брест, 18-20 апреля 2012 г. / УО «Брестский государственный технический университет»; под. ред. А.А. Волчек [и др.].- Брест, 2012.- С.7-9.

148–А. Рыбак В.А., Сулейман Х.М., Малик Д.В. Автоматизированная система обработки эколого-экономических данных // Научно-технические и экологические проблемы природопользования: материалы Международной научно-практической конференции, Брест, 18-20 апреля 2012 г. / УО «Брестский государственный технический университет»; под. ред. А.А. Волчек [и др.].- Брест, 2012.- С.150-153.

149–А. Рыбак В.А., Малик Д.В. Автоматизированные средства поддержки принимаемых решений в области управления эколого-экономическими системами // Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы XXI века: материалы 12-й международной научной конференции, Минск, 17-18 мая 2012 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса, С.С. Позняка.- Минск, 2012.- С. 292.

150–А. Науменко Т.Е., Рыбак В.А. Расчётно-программный комплекс по оценке риска воздействия на здоровье населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе // Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы XXI века: материалы 12-й международной научной конференции, Минск, 17-18 мая 2012 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса, С.С. Позняка.- Минск, 2012.- С. 289.

151–А. Бакунова О.М., Рыбак В.А. Оценка сельскохозяйственной нагрузки на окружающую среду в рамках комплексных исследований экологического состояния административных районов // Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы XXI века: материалы 12-й международной научной конференции, Минск, 17-18 мая 2012 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса, С.С. Позняка.- Минск, 2012.- С. 299-300.

152–А. Рыбак В.А. Научно-методические основы информационного управления в области охраны окружающей среды // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон, ЭКОГИДРОМЕТ: материалы VI международной конференции, СПб, 2-4 июля 2012 г. / Российский государственный гидрометеорологический университет; под ред. Л.Н.Карлина [и др.].- СПб, 2012.- С. 146-149.

153–А. Расчётно-программный комплекс по оценке риска воздействия на здоровье населения качества атмосферного воздуха / Т.Е.Науменко, В.А.Рыбак, Т.Д.Грищенко, Л.М.Шевчук, А.Е.Пшегорода, А.Н.Ганькин, С.Т.Андрианова //

Научно-методологические и законодательные основы совершенствования нормативно-правовой базы профилактического здравоохранения: проблемы и пути их решения: материалы пленума Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды Российской Федерации, М., 13-14 декабря 2012 г. / под ред. Ю.А.Рахманина.- М., 2012.- С. 313-316.

154–А. Бакунов А.М., Рыбак В.А., Бакунова О.М. Информационные технологии для дистанционного мониторинга и зондирования земли // Сахаровские чтения 2013 года: экологические проблемы XXI века: материалы 13-й международной научной конференции, Минск, 16-17 мая 2013 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса [и др.].- Минск, 2013.- С. 242.

155–А. Рыбак В.А., Сулейман Х.М. Научные принципы создания и использования систем поддержки принятия решений в области охраны окружающей среды // Сахаровские чтения 2013 года: экологические проблемы XXI века: материалы 13-й международной научной конференции, Минск, 16-17 мая 2013 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса [и др.].- Минск, 2013.- С. 254.

156–А. Бакунов А.М., Бакунова О.М., Рыбак В.А. Использование дистанционного зондирования земли в экологии // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: материалы Междунар. научн.-практ. конф., Брест, 25-27 сент. 2013 г. / УО «БГТУ»; под ред. А.А. Волчека [и др.].- Брест, 2013.- С. 201-203.

157–А. Рыбак В.А. Методика интегральной оценки антропогенной нагрузки на урбанизированные территории // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды: Материалы III Международной науч.-практ. конф., Мозырь, 12 сентября 2014 г. / Гомельский обл. комитет природн. ресурсов и охраны окр. среды, Гомельский гос. ун-т, Мозырский гос. пед. ун-т. – Гомель : БелГУТ, 2014. – С. 191-196.

158–А. Rybak V.A., Sulaiman H.M. Application and optimization of neural networks for decision support on exchange market // Science, Technology and Higher Education: Materials of the VI international research and practice conference, Westwood (Canada), November 12th-13th, 2014 / publishing office Accent Graphics communications – Westwood – Canada, 2014. – P. 399-404.

159–А. Rybak V.A. Using genetic algorithms to solve optimization problems of environmental quality // Global Science and Innovation: Materials of the IV international science conference, Chicago (USA), March 12th-13th, 2015 / publishing office Accent Graphics communications – Chicago – USA, 2015. – P. 358-363.

160–А. Рыбак В.А., Якшевич А.С. Система резервного хранения и обеспечения безопасности на основе облачных технологий // Современные средства связи: материалы XX Междунар. науч.-техн. конф., 14-15 окт., 2015 г., Минск; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2015.- С. 222 – 223.

161–А. Rybak V.A., Chokr A. Decision support system for the management of ecological and economic parameters of innovative projects // *Fundamental and applied science : Materials of the XI International scientific and practical conference, Sheffield (England), October 30 - November 7, 2015 / Science and education LTD – Sheffield – England, 2015.- Vol. 2.- P. 30-33.*

162–А. Гриб А.Д., Рыбак В.А. Оценка экологичности ресурсоёмких технологий: от теории к практике // *Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: сборник научных статей Международной научно-практической конференции., 6-8 апреля 2016 г., Брест; редкол.: А.А. Волчек [и др.]. – Брест, 2016.- С. 158-162.*

163–А. Рыбак В.А., Гриб А.Д. Непрерывное экологическое образование населения в целях «зелёного» роста // *Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК: материалы 3-й Международной научно-практической конференции, 9-10 июня 2016 г., Минск; редкол.: Н.Н. Романюк и [др.]. – Минск: БГАТУ, 2016.- С.126-129.*

164–А. Рыбак В.А., Шокар А. Система поддержки принятия решений в области управления параметрами экологичности промышленных проектов // *Scientific achievements of the third millennium: Collection of scientific papers on materials International Scientific Conference, San Francisco (USA), July 21st, 2016 / LJournal – San Francisco – USA, 2016. – P. 38-42.*

165–А. Гриб А.Д., Рыбак В.А. Экотуризм белорусского полесья как шаг к переходу на принципы «зелёной» экономики // *Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сборник докладов Международной научной конференции, Минск, 14-17 сентября 2016 г. В 2 т. Т.1 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: В.Г.Гусаков (гл. ред.) [и др.].- Минск: Беларуская навука, 2016.- С. 166-169.*

166–А. Гриб А.Д., Рыбак В.А. «Зелёное» мировоззрение как феномен современного общества // *Актуальные проблемы экологии: сб. науч. ст. по материалам XI Междунар. науч.-практ. конф., 5-7 октября 2016 г. / ГрГУ; редкол.: В.Н. Бурдь [и др.].- Гродно, 2016.- С. 255-257.*

167–А. Рыбак В.А., Гриб А.Д. Формирование экологической культуры личности в процессе эколого-ориентированного обучения // *Актуальные проблемы экологии: сб. науч. ст. по материалам XI Междунар. науч.-практ. конф., 5-7 октября 2016 г. / ГрГУ; редкол.: В.Н. Бурдь [и др.].- Гродно, 2016.- С. 274-276.*

168–А. Рыбак В.А., Шокар А. Система поддержки принятия решений в области управления параметрами экологичности промышленных проектов // *Современные средства связи: материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф., 20-21 окт., 2016 г., Минск; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2016.- С. 253-255.*

169–А. Гриб А.Д., Рыбак В.А. Идеи «зелёной» экономики в системе патриотического воспитания // Совершенствование системы подготовки кадров в вузе: направления и технологии: материалы VIII Междунар. науч. конф., Гродно, 15-16 ноября 2016 г.: в 2 ч. / Гродн. гос. ун-т; редкол.: А.К. Лушневский [и др.].- Гродно, 2016.- Ч 2.- С. 44-46.

170–А. Гриб А.Д., Рыбак В.А. Система мероприятий по оптимизации перспективных эколого-безопасных технологий // Географические аспекты устойчивого развития регионов [Электронный ресурс] : II международная научно-практическая конференция, Гомель, 23–24 марта 2017 г.: [материалы]. – Электрон. текст дан. (объем 76,3 Мб). – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С.450 – 454.

171–А. Применение информационных технологий для дистанционного зондирования земли / В.А. Рыбак, Е.Е. Петлицкий, В.Н. Корнеев, А.В. Пахомов // Водные ресурсы и климат: материалы докладов V Международного Водного Форума: в 2 ч.- Минск: БГТУ, 2017.- Ч. 2.- С. 201-207.

172–А. Рябычина О.П., Рыбак В.А. Автоматизированные системы мониторинга атмосферного воздуха в разных странах / О.П. Рябычина, В.А. Рыбак // Современные средства связи: материалы XXII Междунар. науч.-техн. конф., 19-20 окт., 2017 г., Минск; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2017.- С. 218 – 220.

173–А. Амро Р., Рыбак В.А., Рябычина О.П. Мобильный комплекс для экологической диагностики и мониторинга // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 16-й Международной научно-технической конференции, 2018 г., Минск; редкол.: С. В. Харитончик [и др.]. – Минск, 2018.- С. 212.

174–А. Rybak V., Amro R. Remote searching system of objects in the infrared range // Современные средства связи: материалы XXIII Междунар. науч.-техн. конф., 18-19 окт., 2018 г., Минск; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2018.- С. 130-131.

175–А. Рябычина О.П., Рыбак В.А. Автоматизированная система обработки и отображения экологических данных // Современные средства связи: материалы XXIII Междунар. науч.-техн. конф., 18-19 окт., 2018 г., Минск; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2018.- С. 169.

176–А. Римарев И.М., Рыбак В.А., Аль-Аркауази А. Технические аспекты применения «зелёной» энергетики // XV Международная научно-практическая интернет-конференция «Современные вызовы и актуальные проблемы науки, образования и производства: межотраслевые диспуты» [сб. научн. тр.], 29 апреля 2021 г.- Киев, 2021.- С. 317-321.

177–А. Рыбак В.А., Римарев И.М., Аль-Аркауази А. Автоматизированная система управления солнечными панелями // Инновационные технологии,

автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы X международной конференции, Минск, 6 апреля 2022г. / ред. кол.: Околов А.Р., (гл.ред.) [и др.] Минск: Бизнесофсет, 2022.- С. 105.

Тезисы докладов

178–А. Рыбак В.А., Новиков Е.В. Компьютерная система регистрации и анализа биоэлектрических процессов // Тезисы докладов III международной научно-технической конференции “Электроника XXI век”, Зеленоград 22-24 ноября 2000, Москва 2000.- С. 432.

179–А. Рыбак В.А. Оценка влияния факторов среды на здоровье человека // Региональные проблемы экологии: пути решения: Тезисы докладов II международного экологического симпозиума в городе Полоцке: В 2-х т. Т 2.- Полоцк: УО «ПГУ», 2005.- С. 141-142.

180–А. Матвеева В.И., Рыбак В.А. Геохимическое состояние сельскохозяйственных земель Могилевской области // Региональные проблемы природопользования и охраны природных ресурсов Верхнего Поднепровья и сопредельных территорий: Тезисы докладов международной научно-практической конференции, 27-28 октября 2005г., Могилев / Могилев: МГУ, 2005.- С. 120-121.

181–А. Рыбак В.А., Сулейман Х.М. Проблемы достоверности информации в системах поддержки принимаемых решений // Технические средства защиты информации: тезисы докладов XI Белорусско-российской научно-технической конференции, Минск, 5-6 июня 2013 г. / БГУИР; под ред. Л.М.Лынькова [и др.]- Минск, 2013.- С. 10.

182–А. Рыбак В.А., Мелешко А., Шокар А. Защита пользовательских данных при работе в компьютерных сетях // Технические средства защиты информации: Тезисы докладов XIV Белорусско-российской научно-технической конференции, 25–26 мая 2016 г. / БГУИР; под ред. Л.М.Лынькова [и др.]- Минск, 2016.- С. 40.

183–А. Рябычина О.П., Рыбак В.А. Информационная система экологического мониторинга атмосферного воздуха // X Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в промышленности, логистике и социальной сфере» (ITI*2019) : тезисы докладов, Минск, 23-24 мая 2019 г., – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2019. – С.178-180.

Патенты

184–А. Погодная станция для определения состояния автомобильных дорог : полез. модель ВУ 11881 / О. П. Рябычина, В. А. Рыбак. – Оpubл. 28.02.2019.

185–А. Погодная станция для диагностики состояния автомобильных дорог : полез. модель ВУ 11942 / О. П. Рябычина, В. А. Рыбак, Амро Раба. – Оpubл. 28.02.2019.

186–А. Погодная станция для мониторинга состояния автомобильных дорог : полез. модель ВУ 12070 / О. П. Рябычина, В. А. Рыбак, Амро Раба. – Оpubл. 31.08.2019.

187–А. Система горячего водоснабжения загородного дома : полез. модель ВУ 12424 / В.А. Рыбак, А.Л. Синяков, Е.А. Ключев, В.С. Лаппо. – Оpubл. 17.08.2020.

188–А. Гелиоустановка горячего водоснабжения загородного дома : полез. модель ВУ 12671 / В.А. Рыбак, И.М. Римарев, Аль-Аркауази Али.- Оpubл. 15.06.2021.

189–А. Гелиоколлектор : полез. модель ВУ 12770 / Рыбак В.А., Гриб А.Д. – Оpubл. 15.10.2021.

190–А. Система мониторинга погодных и дорожных условий проезжей части автомобильных дорог : изобретение ВУ23597 / О.П. Рябычина, В.А. Рыбак, Р. Амро. – Оpubл. 30.12.2021.

191–А. Гелиоводонагревательная установка : полез. модель ВУ 12876 / В.А. Рыбак, А.Д. Гриб. – Оpubл. 01.03.2022.

192–А. Гелиоводонагревательная установка : изобретение ВУ 23792 / В.А. Рыбак, И.М. Римарев, Аль-Аркауази Али.- Оpubл. 31.05.2022.



РЭЗІЮМЭ

Рыбак Віктар Аляксандравіч

Метады і алгарытмы падтрымкі прыняцця рашэнняў для кіравання рацыянальным прыродакарыстаннем

Ключавыя словы. Кадастры, антрапагеннае ўздзеянне, экалагічная экспертыза, забруджванне навакольнага асяроддзя, ацэнка экалага-эканамічнай эфектыўнасці, генетычныя алгарытмы, невыразныя мноства, інавацыйныя вытворчасці, інтэлектуальная падтрымка прыняцця рашэнняў, метады сістэмнага аналізу

Мэта работы. Павышэнне эфектыўнасці кіравання рацыянальным прыродакарыстаннем на аснове метадаў і алгарытмаў інтэлектуальнай падтрымкі прыняцця рашэнняў.

Метады даследавання і выкарыстаная апаратура: дэкампазіцыя, структураванне, алгарытмізацыя, індукцыя, дэдукцыя, канкрэтызацыя, мадэляванне, сінтэз. Для атрымання дадзеных аб стане прыродных кампанентаў выкарыстоўвалася адпаведная вымяральная апаратура згодна з існуючымі нарматывамі. Касмасздымкі былі атрыманы з беларускага касмічнага апарата.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Упершыню распрацавана лагічна звязаная і абгрунтаваная метадалогія стварэння і выкарыстання аўтаматызаваных сістэм падтрымкі прыняцця рашэнняў для рацыянальнага прыродакарыстання, якая ўключае ў сябе методыку кіравання кадастрамі прыродных рэсурсаў, алгарытмы комплекснай і інтэгральнай ацэнкі ўплыву антрапагеннага ўздзеяння на прыроднае асяроддзе, методыку аўтаматызацыі экалагічнай экспертызы праектаў, методыку ацэнкі -эканамічнай эфектыўнасці прыродаахоўных мерапрыемстваў, методыку аптымізацыі параметраў інавацыйных праектаў, метады прагназавання экалага-эканамічных параметраў, тэарэтычныя асновы і метады інтэлектуальнай падтрымкі прыняцця кіраўніцкіх рашэнняў, тэхналогію маніторынгу рэчышчавых працэсаў з выкарыстаннем дадзеных дыстанцыйнага зандавання зямлі.

Рэкамендацыі па выкарыстанні. Вынікі дысертацыі выкарыстаны Міністэрствам прыродных рэсурсаў і аховы навакольнага асяроддзя (ПРiАНА) РБ, Гомельскай, Магілёўскай, Брэсцкай, Дзяржынскай інспекцыямі ПРiАНА, РУП «БелНДЦ "Экалогія", Акадэміяй кіравання пры Прэзідэнце Рэспублікі Беларусь, Інстытутам прыродакарыстання НАН Беларусі, карпарацыяй «Самсунг» (Сеул, Карэя), РНПЦ «Гігіены», РУП «Геаінфармацыйныя сістэмы» НАН Беларусі, ДУ «БелІСА», Смаленскім цэнтрам па гідраметэаралогіі і маніторынгу навакольнага асяроддзя (Расійская Федэрацыя), Дзяржаўным камітэтам па навуцы і тэхналогіях РБ.

Галіна выкарыстання. Дзяржаўнае кіраванне рацыянальным прыродакарыстаннем, ацэнка антрапагеннага ўздзеяння, падтрымка прыняцця рашэнняў, ахова навакольнага асяроддзя, навучальны працэс.

РЕЗЮМЕ

Рыбак Виктор Александрович

Методы и алгоритмы поддержки принятия решений для управления рациональным природопользованием

Ключевые слова. Кадастры, антропогенное воздействие, экологическая экспертиза, загрязнение окружающей среды, оценка эколого-экономической эффективности, генетические алгоритмы, нечёткие множества, инновационные производства, интеллектуальная поддержка принятия решений, методы системного анализа

Цель работы. Повышение эффективности управления рациональным природопользованием на основе методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений.

Методы исследования и использованная аппаратура: Декомпозиция, структурирование, алгоритмизация, индукция, дедукция, конкретизация, моделирование, синтез. Для получения данных о состоянии природных компонентов использовалась соответствующая измерительная аппаратура согласно существующим нормативам. Космоснимки были получены с белорусского космического аппарата.

Полученные результаты и их новизна. Впервые разработана логически связанная и обоснованная методология создания и использования автоматизированных систем поддержки принятия решений для рационального природопользования, которая включает в себя методику управления кадастрами природных ресурсов, алгоритмы комплексной и интегральной оценки влияния антропогенного воздействия на природную среду, методику автоматизации экологической экспертизы проектов, методику оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий, методику оптимизации параметров инновационных проектов, метод прогнозирования эколого-экономических параметров, теоретические основы и методы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, технологию мониторинга русловых процессов с использованием данных дистанционного зондирования земли.

Рекомендации по использованию. Результаты диссертации использованы Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды (ПРиООС) РБ, Гомельской, Могилёвской, Брестской, Дзержинской инспекциями ПРиООС, РУП «БелНИЦ «Экология», Академией управления при Президенте Республики Беларусь, Институтом природопользования НАН Беларуси, корпорацией «Самсунг» (Сеул, Корея), РНПЦ «Гигиены», РУП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси, ГУ «БелИСА», Смоленским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Российская Федерация), Государственным комитетом по науке и технологиям РБ.

Область применения. Государственное управление рациональным природопользованием, оценка антропогенного воздействия, поддержка принятия решений, охрана окружающей среды, учебный процесс.

SUMMARY

Rybak Victor Alexandrovich

Decision Support Methods and Algorithms for Environmental Management

Keywords: Inventories, anthropogenic impact, ecological expertise, environmental pollution, assessment of environmental and economic efficiency, genetic algorithms, fuzzy sets, innovative production, intelligent decision support, methods of system analysis

The purpose of research is improving the efficiency of management of rational nature management based on methods and algorithms for intelligent decision support.

Research methods and used equipment: Decomposition, structuring, algorithmization, induction, deduction, concretization, modeling, synthesis. To obtain data on the state of natural components, appropriate measuring equipment was used in accordance with existing standards. The satellite images were obtained from the Belarusian spacecraft.

The results obtained and their novelty: For the first time, a logically connected and justified methodology for the creation and use of automated decision support systems for rational environmental management has been developed, which includes a methodology for managing natural resource cadastres, algorithms for a comprehensive and integral assessment of the impact of anthropogenic impact on the environment, a methodology for automating the environmental impact assessment of projects, a methodology for assessing environmental - economic efficiency of environmental protection measures, a methodology for optimizing the parameters of innovative projects, a method for predicting environmental and economic parameters, theoretical foundations and methods for intelligent support for managerial decision-making, a technology for monitoring channel processes using data from remote sensing of the earth.

Recommendations for use. The dissertation results are used by the Ministry of natural resources and environmental protection (NRaEP) of the Republic of Belarus, Gomel, Mogilev, Brest, Dzerzhinsk inspectorates of NRaEP, Republican Unitary Enterprise «BelNIC «Ecologiya», Academy of public administrations the aegis of the President of the Republic of Belarus, Institute for nature management NAS Belarus, corporation «Samsung» (Seoul, Korea), RSPC «Gigieny», RUE «Geoinformatcionie sistemy» NAS Belarus, GU «BelISA», Smolensk Centre for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Russian Federation), State Committee on Science and Technology of the Republic of Belarus.

Application sphere. State management of rational nature, assessment of human influence, decision support, environmental protection, educational process.

Научное издание

РЫБАК
Виктор Александрович

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ
УПРАВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук
по специальности 05.13.01 – Системный анализ,
управление и обработка информации

Подписано в печать 23.02.2023. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,4. Тираж 60 экз. Заказ 24.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск