

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Рыбака Виктора Александровича  
«Методы и алгоритмы поддержки принятия решений для управления  
рациональным природопользованием»,  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по  
специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка  
информации

### **Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки**

Содержание диссертационной работы полностью соответствует технической отрасли науки и специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации. А именно:

п.1 «Методы общей теории систем, математического описания, моделирования, оптимизации, обработки результатов испытаний систем управления и обработки информации, систем поддержки принятия решений, а также их функциональных узлов и устройств»;

п.2 «Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.»;

п.4 «Методы и алгоритмы решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.»;

п.5 «Специальное математическое и программное обеспечение систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»;

п.10 «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах»;

п. 12 «Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации».

### **Актуальность темы диссертации**

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 объема 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. Актуальность данной задачи подтверждается тем, что государственные кадастры, созданные в условиях отраслевого управления экономикой, отличаются ведомственной разобщенностью, несовместимостью

содержащейся в них информации, а поэтому не могут служить основой для комплексной оценки объектов и ресурсов. Поэтому видится достаточно актуальным создание интегрированного решения, которое бы позволяло пользователям получать информацию из централизованного хранилища данных. Вместе с тем, целесообразным видится создание научно-методических 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 экологоориентированных 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 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 предлагают ряд исследователей). Исследованиями указанных вопросов занимались многие учёные, однако разработка методов и технологий управления информацией о состоянии и использовании природных ресурсов 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.

### **Степень новизны результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту**

1. Впервые разработана единая комплексная технология управления кадастрами природных ресурсов, состоящая из структуры предметных баз данных, программного, информационного и организационного обеспечения. Это позволяет осуществлять сбор, хранение, обработку и отображение информации и предоставлять пользователям оперативный доступ к информации.

До создания рассматриваемой технологии кадастровые базы данных велись разрозненно, часто – в бумажном виде, без единой идеологии и форматов.

2. Предложена новая методика интегральной оценки влияния антропогенного воздействия на природную среду урбанизированных территорий, основанная на функционально-экологическом зонировании и балльной оценке состояния отдельных компонентов. Отличие от других



методик заключается в составе учитываемых показателей (атмосферный воздух, почвенный покров, водные ресурсы, зелёные насаждения, уровень радиационного загрязнения, шума, объём накопления отходов), а также принципиально новых методах их расчёта и агрегирования. В результате это позволяет районировать территории и осуществлять количественную оценку их экологического состояния для управления качеством окружающей среды.

3. Впервые создана методика автоматизации экологической экспертизы проектов. Благодаря чёткой формализации задач всех этапов процесса удалось создать необходимое программное и информационное обеспечение, что позволило повысить производительность и качество труда экспертов и обеспечить эффективность принимаемых решений за счёт использования разработанного инструментария.

Подобные комплексные решения созданы впервые и не имеют аналогов в нашей стране.

4. Предложены новые научно-методические принципы оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий. От существующих они отличаются перечнем компонентов и способами их расчёта. Это позволяет учитывать как изменения состояний основных природных сред, так и социальный эффект. При этом автором предложена новая формула для расчёта социального эффекта, который выражается в снижении уровня заболеваемости населения вследствие улучшения качества окружающей среды.

Схожие исследования в данной области проводятся в России, но в отличие от предложенных автором формул они базируются на трудно формализуемом популяционном риске и не всегда оправданных усреднениях объёмов недополученной продукции.

5. Впервые разработана методика управления параметрами рационального природопользования инновационных проектов, которая включает 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.

Концептуально новым представляется ряд созданных эколого-ориентированных параметров для оценки и оптимизации промышленных проектов. Это позволяет выделять наиболее эффективные предложения как с точки зрения экономики, так и экологии. Разработанные веб-порталы позволяют сократить временные затраты при обработке данных для реализуемых инновационных проектов на 55–60 %.

6. Предложен новый метод прогнозирования числовых параметров. В отличие от существующих он базируется на сложении в нечётком виде двух оценок – экстраполяционной и эксперта. Применение теории нечётких множеств в данном случае позволяет обойти ряд ограничений применения вероятностных моделей и повысить адекватность прогноза.

7. Изложены теоретические основы и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений. В отличие от существующих в них применяются теория нечётких множеств, генетические алгоритмы и нейро-нечёткое моделирование. Это позволяет выполнять решение оптимизационных задач в области охраны окружающей среды в 9 и более раз быстрее по сравнению с линейными подходами, получать более адекватные зависимости в системе «окружающая среда – здоровье населения» и производить обоснованный выбор наиболее предпочтительной альтернативы с учётом важности критериев.

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.

Оценивая в целом полученные в диссертации результаты и научные положения, выносимые на защиту, необходимо отметить, что все они входят в логически связанную и обоснованную методологию создания и использования автоматизированных систем поддержки принятия решений для управления рациональным природопользованием, которая не имеет аналогов в нашей стране и ближнем зарубежье.

#### **Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность результатов подтверждается тем, что в теоретических выводах автором использовался известный и хорошо зарекомендовавший себя математический аппарат и методы системного анализа. Физико-химические исследования проводились утверждёнными методами и базировались на существенном статистическом материале. Так объём исследований в системе «окружающая среда – здоровье населения» составил 1967120 человек, в том числе 300280 детей в возрасте до 14 лет, 142840 подростков, 1524000 взрослых. В рамках выполненных исследований было отобрано и обработано более 1000 почвенных образцов.

Выводы и рекомендации представляются достаточно обоснованными и согласуются с известными результатами других авторов. Полученные результаты внедрены и апробированы при решении важных практических задач, имеющих государственное значение.

#### **Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию**

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.

**Практическая значимость** диссертационной работы состоит в следующем:

1. Основные результаты получены при выполнении работ во исполнение указов Президента Республики Беларусь и постановлений Совета Министров Республики Беларусь по разработке территориальных комплексных схем охраны окружающей среды.
2. Внедрение автоматизированных средств информационного управления кадастровыми данными позволило снизить временные затраты на получение предметной информации в 4-7 раз.
3. Внедрение информационной технологии автоматизации государственной экологической экспертизы проектов позволило снизить трудовые затраты специалистов и повысить производительность и качество труда профильных специалистов и обеспечить эффективность принимаемых решений.
4. Разработанные новые показатели и автоматизированные средства позволили выполнить ранжирование Государственных заказчиков в рамках реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь по экономической эффективности, природоёмкости и энергоёмкости, что позволило выделить качественные степени указанных параметров и может использоваться для прогнозных оценок и поддержки принимаемых решений по проблеме инновационного развития экономики страны.
5. Внедрение разработанного программного обеспечения для автоматизации расчёта и анализа риска воздействия на здоровье населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обусловленных выбросами промышленных объектов, 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.
6. Разработанные методологические принципы, карты экологического неблагополучия и природоохранные мероприятия являются основой информационного управления качеством окружающей среды городских территорий.
7. Разработанные Концепция информатизации Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и План её реализации позволяют поэтапно повышать эффективность информационного управления в данной сфере, адекватность и своевременность принимаемых решений.
8. Авторские разработки использованы в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь, утверждённой Указом Президента Республики Беларусь от 26 марта 2007 года № 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 программы 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»).

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждена 21 актом внедрения, включая внедрения в Смоленском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и на заводе Самсунг (г. Сеул, Республика Корея).

**Экономическая и социальная значимость** полученных результатов выражается в сокращении экологического ущерба (в том числе в следствие предотвращения потерь земель), улучшении качества окружающей среды и как следствие, в снижении заболеваемости населения, и по оценкам автора может составлять более 4,5 млн долл. США.

Всё разработанное автором программное обеспечение может служить коммерческим продуктом.

Предложенные инструменты представляется обоснованным использовать структурам Минприроды для управления рациональным природопользованием и качеством окружающей среды.

#### **Опубликованность результатов диссертации в научной печати**

Изложенные в диссертационной работе материалы, основные положения и выводы получены соискателем самостоятельно или при его непосредственном участии и 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. Количество публикаций без соавторов – 40. Общий объём опубликованных работ составил 207,4 авторского листа. На все публикации автора имеются ссылки в диссертации.

Наиболее значимые публикации:

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

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

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

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

### **Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК**

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК Республики Беларусь. Материал излагается последовательно. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

### **Замечания по диссертации**

1. Из описания разработанной информационной методики автоматизации государственной экологической экспертизы проектов не ясно, включает ли она только авторские компоненты, или требует наличия дополнительного программного обеспечения.

2. При сопоставлении уровня заболеваемости населения на определённой территории с её экологическим состоянием достаточно трудно выделить изолированные связи. Не ясно, учитывал ли автор отклонения показателей заболеваемости для различных участков вследствие организационных или иных причин, не связанных с качеством окружающей среды.

3. С учётом того, что предложенные научно-методические принципы оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий позволяют, в том числе, учитывать социальный эффект, не ясно – как будет изменяться эта эффективность для территорий с различной плотностью населения.

4. Предмет исследования сформулирован обширно. С учётом того, что работа, по сути, посвящена повышению эффективности управления рациональным природопользованием можно было бы это чётко отразить в предмете.

5. В работе не обосновывается значение 5 %, при котором изменение размеров береговой линии и фарватера считаются существенными. Насколько данное значение может варьировать?



Перечисленные недостатки не носят принципиальный характер и не снижают значимости диссертационной работы.

### **Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует**

Анализ содержания диссертации в целом, научная новизна, практическая и социально-экономическая значимость полученных результатов, их опубликованность и внедрённость позволяют сделать вывод о высокой научной квалификации соискателя. Считаю, что Рыбаку В.А. может быть присуждена учёная степень доктора технических наук.

### **Заключение**


Представленная диссертационная работа Рыбака В.А. «Методы и алгоритмы поддержки принятия решений для управления рациональным природопользованием» является квалификационной научной работой, подготовленной самостоятельно автором, и посвящена концептуальному развитию актуального научного направления «Разработка и применение информационно-управляющих систем, аэрокосмических и геоинформационных технологий, искусственного интеллекта для рационального использования, воспроизводства и управления ресурсами растительного и животного мира, лесными и водными ресурсами», что соответствует разделам 1 и 3 Приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2021–2025 гг.

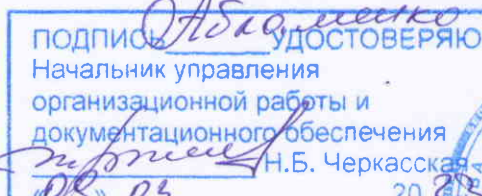
Содержание работы полностью соответствует специальности и отрасли науки, по которой она представлена к защите.

**Автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук за:** разработку логически связанной и обоснованной методологии информационного управления, создания и использования автоматизированных систем поддержки принятия решений в социально-экологических системах, которая включает в себя: методику информационного управления кадастрами природных ресурсов, состоящую из информационного, программного и нормативно-правового обеспечения, позволяющую осуществлять в автоматизированном режиме сбор, хранение, обработку и отображение соответствующей предметной информации с меньшими трудовыми затратами; методики комплексной и интегральной оценки влияния антропогенного воздействия на природную среду урбанизированных территорий, отличающиеся набором учитываемых показателей, способом их расчёта и алгоритмом агрегирования, позволяющие выявлять зоны экологического неблагополучия; методику автоматизации экологической экспертизы проектов, состоящую из разработанных программных и информационных компонент, позволяющую увеличить производительность труда специалистов, выполняющих ГЭЭ, повысить качество и обеспечить современный уровень принимаемых решений; методики оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий, отличающийся учётом социального эффекта и изменения

качества окружающей среды; методики оценки, анализа и оптимизации параметров рационального природопользования инновационных проектов, отличающуюся набором показателей, способом их расчёта, программным и информационным обеспечением, позволяющую ранжировать проекты по степени их эколого-экономической эффективности; метод прогнозирования эколого-экономических параметров инновационных проектов, отличающийся обработкой интерполяционных и экспертных оценок в виде «нечётких» множеств, позволяющий учесть фактор неопределённости; алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в социально-экологических системах, отличающиеся использованием генетических алгоритмов, теории нечётких множеств и нейро-нечёткого моделирования, позволяющие осуществлять интеллектуальную поддержку принятия управленческих решений; результаты использования предложенных методов и технологий, которые в совокупности позволяют обеспечить эффективное и стабильное функционирование социально-экологических систем.

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

 С.В. Абламейко

  
подпись \_\_\_\_\_ УДОСТОВЕРЯЮ  
Начальник управления  
организационной работы и  
документационного обеспечения  
\_\_\_\_\_ Н.Б. Черкаска  
08» 03 20 05

