

На правах рукописи



Щербатюк Андрей Петрович

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АТМОЭКОДИАГНОСТИКИ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ГЕОСИСТЕМ МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИН
(НА ПРИМЕРЕ ЗАБАЙКАЛЬЯ)**

Специальность 1.6.21 – Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Чита – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Забайкальский государственный университет»

Научный консультант **Слесарев Михаил Юрьевич**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Кочуров Борис Иванович**
доктор географических наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт географии
Российской академии наук, отдел физической
географии и проблем природопользования,
ведущий научный сотрудник

Азаров Валерий Николаевич
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ
ВО «Волгоградский государственный
технический университет», кафедра «Безопасность
жизнедеятельности в строительстве и городском
хозяйстве», заведующий кафедрой

Бакаева Наталья Владимировна
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ
ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный
университет», кафедра «Градостроительство»,
профессор

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования «Крымский федеральный
университет им. Вернадского»

Защита состоится «26 октября» 2023 г. в 12:00 (по местному времени) на заседании диссертационного совета 24.2.339.04, созданного на базе ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», по адресу: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, Зал Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» www.mgsu.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного совета



Сысоева Е. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Разработка новых научных направлений на основе уже известных, вошедших в практику, является одним из востребованных факторов развития фундаментальных исследований.

В геоэкологии одним из известных результатов научных исследований является экодиагностика, разработанная Б.И. Кочуровым.

В данной научной работе предлагается разработанное автором новое направление в рамках экодиагностики – атмозэкодиагностика.

Атмозэкодиагностика - это выявление и изучение признаков, характеризующих современное и ожидаемое состояние атмосферного воздуха, разработка методов и средств обнаружения, предупреждения и ликвидации негативных экологических явлений и процессов.

Методологические основы атмозэкодиагностики разработаны на примере исследования качества воздушной среды урбанизированных геосистем межгорных котловин, в частности Забайкалья.

В структуре и функционировании геосистем заложены возможности для противостояния внешним воздействиям. В тоже время в этом отношении различные геосистемы нельзя считать равнозначными. Особенности целого ряда геосистем способствуют усилению негативного эффекта от внешних воздействий. К таковым в полной мере можно отнести геосистемы внутриконтинентальных межгорных котловин.

В работе Н. А. Флоренсова, определено, что межгорные котловины - это тектонические понижения, с ровным, выпуклым или волнистым дном, расположенные между вытянутыми в одном направлении горными хребтами.

Формирование климата в условиях котловин зависит от особых условий, которые характерны малым перемещением и перемешиванием воздушных масс, что особенно проявляется в холодный период года.

Эти условия являются непосредственной причиной появления повышенных концентраций загрязняющих веществ (далее – ЗВ) в воздушной среде городов, расположенных в условиях межгорных котловин, где источниками ЗВ являются выбросы от промышленности и автотранспорта.

Одними из характерных объектов, где постоянно отмечаются повышенные концентрации ЗВ, являются межгорные котловины Забайкалья.

В ежегодно обновляемый список городов с наибольшими объемами ЗВ, где ИЗА больше 14, постоянно входят города Чита и Петровск-Забайкальский, расположенные соответственно в Читино-Ингодинской и Тугнуйской котловинах забайкальского типа.

В настоящее время большое количество аспектов экологической безопасности воздушной среды в геосистемах межгорных котловин, в том числе и Забайкалья, остаются малоизученными и требуют проведения интенсивных исследований.

Оперативная необходимость исследований так же связана с высокой заболеваемостью и смертностью населения Забайкалья (превышение общероссийских показателей в 1,5-2 раза) от болезней органов дыхания.

Разработка методологических основ атмоэкодиагностики позволит создать концептуальную основу для изучения проблем функционирования урбанизированных геосистем в условиях межгорных котловин.

Приведенное обоснование необходимости интенсивных исследований воздушной среды в урбанизированных геосистемах межгорных котловин однозначно в настоящее время является актуальным.

Соответствие диссертации паспорту специальности. Исследования по теме диссертационной работы соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 1.6.21 – Геоэкология: п. 9. Динамика, механизмы, факторы и закономерности развития опасных природных, природно-техногенных и техногенных процессов, оценка их активности, опасности и риска проявления. Разработка методов и технологий оперативного обнаружения и прогноза возникновения катастрофических природно-техногенных процессов, последствия их проявления и превентивные мероприятия по их снижению, инженерная защита территорий, зданий и сооружений.

Степень научной разработанности темы исследований. Исследование качества воздушной среды урбанизированных геосистем межгорных котловин, на примере характерных объектов, соответствует приоритетному направлению «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года».

Научные изыскания по разработке методологических основ экологической безопасности воздушной среды межгорных котловин были основаны на работах Ю. П. Баденкова, В. Е. Викулова, А. А. Григорьева, М. В. Графкина, Б. М. Ишмуратова, Г. М. Лаппо, А. А. Лаврусевича, Н. Ф. Милькова, В. С. Преображенского, Е. И. Пупырева, В. Б. Сочавы, М. Ю. Слесарева, А. Л. Суздалева, В. И. Сметанина, В. И. Теличенко, А. А. Томских, О. В. Тупициной, В. Ю. Халатова, К. Л. Чертеса, Г. И. Швевса и др.

В настоящее время признается глобальность проблематики техногенного загрязнения атмосферного воздуха городов в целом и особенно городов, расположенных внутри горных стран и регионов, так, в Латинской Америке, где около двух третей населения проживает в Андах в условиях горных долин, на снижение качества воздуха влияют выбросы загрязняющих веществ (ЗВ), отходящих как от стационарных источников, так и от автотранспорта.

Присутствие значительного количества техногенных загрязнителей фиксируется в городах Альп, Кавказа, Малоазиатского нагорья.

В пределах Внутренней Азии воздействие загрязнителей на атмосферный воздух стало серьезной проблемой для крупных городов Китая. Горно-котловинное расположение провинции Сычуань предопределяет то, что она является четвертым регионом Китая в ряду загрязненных. В другом китайском регионе – Гуаньчжун, окруженном горами, выявлено воздействие местных циркуляций на загрязнение воздуха в зимнее время.

Постоянные температурные инверсии в зимний сезон на североамериканских межгорных плато, расположенных между Тихоокеанскими Береговыми хребтами и Скалистыми горами, которые могут продолжаться до десяти дней и более и сопровождаться штилевой погодой, ограничивают атмосферное рассеивание и приводят к значительному загрязнению воздуха.

Похожая ситуация складывается зимой в горной части бассейна р. Молдова, на севере Румынии.

Сильное загрязнение атмосферного воздуха в период с декабря по март, а также снежного покрова, фиксируется на территории г. Улан-Батор в Монголии, расположенного в котловине Урга, которая характеризуется резко континентальным климатом с большими суточными и годовыми колебаниями температуры и устойчивыми зимними инверсиями. Необходимость оценки атмосферы отмечается при инженерно-экологических исследованиях.

Характеристики атмосферной циркуляции, являющиеся функцией многочисленных параметров географического положения, рельефа и времени года, служат основой моделей, разрабатываемых для прогноза распределения загрязнений в котловинах, адаптации к такой ситуации населения и рационального размещения крупных промышленных объектов.

Для оценки экологической обстановки в городах расположенных в условиях межгорных котловин, с использованием геоинформационных систем и электронного картографирования, предпринимаются попытки использовать возможности дистанционного мониторинга

Организации и технологии строительства объектов природообустройства, а так же проведение экспертизы реконструкции объектов природоохранного строительства являются неотъемлемым фактором для населенных пунктов. Вопросы инженерной экологии и управления экологической безопасностью неоднократно рассматривались в работах ученых Теличенко В.И., Слесарева М.Ю.

Контроль и нормирование выбросов в атмосферный воздух при движении автомобильного транспорта и снижение вредных воздействий остаются актуальными задачами. Исследование процессов управления инженерной инфраструктурой городов, комплексного благоустройства территорий, контроль качества и анализ состояния природных объектов: водных экосистем, почв, зеленых насаждений отмечаются в современных научных работах.

В разное время учеными были разработаны концептуальные подходы к изучению природно-хозяйственных систем (ПХС). Например, Швобс Г.И., свои многолетние исследования рассматривал как концепцию территориальных природно-хозяйственных систем, Котельников А. М., изучал территориальные природно-хозяйственные комплексы на примере Восточного Забайкалья.

На современном этапе остается актуальным проведение исследований по созданию управляемых природно-технических систем, перспективы освоения территорий промышленно-транспортных комплексов.

Однако анализ отечественного и зарубежного опыта и перечисленных концепций показывает, что остается не в полной мере изученным вопрос

экологической безопасности воздушной среды в геосистемах межгорных котловин юго-восточной Сибири, в частности Забайкалья.

Таким образом, до настоящего времени в рамках рассматриваемой проблематики не решены следующие теоретические и практические вопросы:

1) разработка нового направления экодиагностики позволяющего сконцентрировать исследования на изучении безопасности воздушной среды в условиях урбанизированных геосистем межгорных котловин;

2) создание информационной базы данных, из различных источников государственной статистики, влияющих на качество воздушной среды урбанизированных геосистем и для проведения в дальнейшем геоэкологической оценки;

3) изучение вопросов взаимосвязи между степенью экологической трансформации территорий и степенью дискомфорта проживания с учетом природных особенностей характерных объектов и техногенной нагрузки.

4) определение степени влияния критических концентраций ЗВ в воздушной среде характерных объектов на демографические показатели (заболеваемость и смертность населения по причине болезней органов дыхания);

5) разработка вариантов инженерной защиты воздушной среды геосистем характерных урбанизированных объектов.

Сказанное актуализирует проблематику диссертационной работы и обосновывает необходимость дополнительного осмысления и проведения научных исследований, направленных на решение насущных теоретических и практических задач обеспечения экологической безопасности воздушной среды урбанизированных геосистем межгорных котловин.

В качестве объекта исследования приняты геосистемы межгорных котловин (на примере Читино-Ингодинской и Тугнуйской впадин забайкальского типа).

Предметом исследования является экологическая безопасность воздушной среды геосистем межгорных котловин.

Цель исследования – научно обосновать необходимость развития методологических основ атмоэкодиагностики для последующей разработки методов управления качеством воздушной среды и обеспечения экологической безопасности, инженерной защиты воздушной среды городов расположенных в условиях межгорных котловин.

Для достижения поставленной цели необходимо последовательно и комплексно решить следующие взаимосвязанные **задачи**:

1) Осуществить анализ отечественного и зарубежного опыта исследования и решения проблем загрязнения воздушной среды геосистем межгорных котловин;

2) Научно обосновать необходимость развития и разработки методологических основ атмоэкодиагностики урбанизированных геосистем межгорных котловин.

3) Выявить причинно-следственную связь между рельефом местности и показателями демографических потерь населения городов Приоритетного списка.

4) Определить степень экологической нагрузки федеральных округов РФ на основе данных, полученных при использовании показателей индикаторов: загрязнение воздушной среды, улучшение качества воздушной среды, позитивные демографические перемены.

5) Ранжировать по степени благоприятности (комфортные, умеренно комфортные, дискомфортные, экстремальные) условия для жизнедеятельности людей, проживающих на территориях, расположенных в условиях межгорных котловин.

6) Разработать метод управления качеством воздушной среды геосистем межгорных котловин и обеспечения экологической безопасности, позволяющий снизить экологическую нагрузку, улучшить качество жизни населения проблемных территорий и приблизить их к общероссийским показателям средней продолжительности жизни.

7) Разработать и научно обосновать метод (комплекс мероприятий), основанный на оптимальном выборе и размещении инженерных защитных сооружений.

Научная гипотеза: экологическая безопасность воздушной среды геосистем в условиях межгорных котловин обеспечивается управляемым функционированием взаимосвязанных природных и технических подсистем на основе восстановления природной составляющей посредством создания инженерных защитных сооружений (фитоскверы и фитопарки).

Научная новизна.

1. Разработано новое направление экодиагностики – атмоэкодиагностика, на примере урбанизированных геосистем межгорных котловин, позволяющая определить процесс формирования критических концентраций ЗВ в воздушной среде характерных объектов и влияния на демографические показатели (заболеваемость и смертность населения по причине болезней органов дыхания).

2. Разработана методика проведения атмоэкодиагностики территорий, на основе геоэкологической оценки качества воздушной среды городов Приоритетного списка городов где ИЗА выше 14 проводится на постах натуральных наблюдений заселённых территорий, расположенных на различных высотных отметках и учитывает зависимость индекса загрязнения атмосферы бенз(а)пиреном от высоты над уровнем моря, а федеральных округов РФ – на основе индикаторов (нагрузка на территорию, загрязнение воздушной среды, улучшение качества воздушной среды, позитивные демографические перемены).

3. Разработана методика определения качества атмосферного воздуха (текущего и прогнозного), в которой учитываются перепады высот в пределах урбанизированной геосистемы; объемы ЗВ в атмосферном воздухе альтернативность выбора инженерных защитных сооружений.

4. На основе проведения геоэкологической оценки качества воздушной среды населенных пунктов, размещенных в межгорных котловинах, предложен интегральный критерий экологической безопасности, на основе которого ранжированы регионы в зависимости от степени экологической нагрузки.

5. Разработан и обоснован метод управления качеством воздушной среды и обеспечения экологической безопасности городов, расположенных в геосистемах межгорных котловин, при реализации которых повышается устойчивость территорий к антропогенным воздействиям, способствующим улучшению условий жизнедеятельности населения.

Теоретическая значимость работы:

1. Разработано новое направление экодиагностики – атмоэкодиагностика на примере урбанизированных геосистем межгорных котловин.

2. Выявлены и изучены причинно-следственные связи между уровнем трансформации воздушной среды территорий и степенью дискомфорта условий для жизнедеятельности населения.

3. Разработаны и обоснованы способы повышения устойчивости территорий к антропогенным воздействиям, способствующим улучшению условий жизнедеятельности населения.

Практическая значимость работы:

1. Практическим использованием предложенного метода управления качеством воздушной среды и обеспечения экологической безопасности геосистем в условиях межгорных котловин.

2. Основные научные положения и практические решения диссертационной работы внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет» по дисциплине «Экоэкспертиза, оценка воздействия на окружающую среду и лицензирование» направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», образовательная программа «Защита окружающей среды».

3. Новизна и приоритет новых инженерных решений защищены двумя патентами РФ (Пат. 2588543 РФ; Пат. 2490870 РФ), позволяющими сократить количество антропогенных выбросов на 20-30 %; при этом воздействие ряда вредных химических веществ снизить в 2-3 раза.

4. Созданием информационной и научной базы атмоэкодиагностики.

Методология и методы исследования.

Методической основой исследования являются:

1) Личные полевые наблюдения на постах натурных наблюдений (ПНН) за качеством воздушной среды исследуемых характерных объектов Забайкалья – Читино-Ингодинской и Тугнуйской впадин;

2) Сравнительно-географический и картографический методы;

3) Методика геоэкологической оценки текущего и прогнозного состояния воздушной среды городов, расположенных в условиях межгорных котловин;

4) Метод моделирования альтернативных вариантов фитоскверов и фито парков и их размещения;

5) Методы прикладной математики и математической статистики, системного анализа.

Исследование параметров воздушной среды населенных пунктов, размещенных в межгорных котловинах, осуществлялось на основе необходимых объемов данных государственных служб и статистики и обобщения полученных результатов натурных наблюдений.

Информационная и эмпирическая база исследования.

Информационную базу исследования составляют материалы статистических данных за 2005-2020 гг.: Федеральной службы госстатистики РФ; ЗАО «Региональный Информационный центр» РФ официальных государственных сайтов субъектов Федеральных округов РФ и их муниципальных образований, Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды РФ», ежегодных сборников «Социальное положение и уровень жизни населения России»; статистического справочника ООН; Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды в Читинской области (Забайкальский край)» за исследуемый период 2005 – 2020 гг.; ФГУЗ «Центр госсанэпиднадзор по Забайкальскому краю»; ГУЗ «Забайкальский краевой онкологический диспансер», Министерства здравоохранения РФ (отдел медицинской статистики ГУЗ МИАЦ) «Смертность населения Забайкальского края» за период 2005 – 2020 гг.; Российский портал – карта высот географического и экологического прогноза.

Для оценки особенностей варьирования метеопараметров в условиях межгорных впадин использованы данные ЗаБУГМС, Росгидромета; Русского географического общества; Сайта Главной геофизической обсерватории и Ежегодные Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды РФ».

В работе использованы материалы авторских ежегодных (2005-2020) исследований качества воздушной среды в двух городах Забайкалья: г. Чита на двенадцати постах натурных наблюдений и г. Петровск-Забайкальска на трёх постах натурных наблюдений на различных высотных отметках заселённых территорий.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработанное новое направление атмоэкодиагностика позволяет выявить и изучить признаки, характеризующие современное и ожидаемое состояние воздушной среды геосистем межгорных котловин в зависимости от природных (прежде всего, рельефа и климата) и антропогенных особенностей.

2. Экологическую оценку состояния воздушной среды федеральных округов РФ возможно провести на основе критериев и показателей: демографической нагрузке, промышленной нагрузке, транспортной нагрузке, объемах ЗВ от неподвижных источников, объемах ЗВ в выбросах от автотранспорта, уровне загрязнения атмосферы, медико-демографических потерях от воздействия загрязненного атмосферного воздуха, которая позволит определить лидеров и аутсайдеров экологического рейтинга.

3. Дифференциацию территорий по условиям жизнедеятельности людей на комфортные, умеренно комфортные, дискомфортные, экстремальные целесообразно осуществлять на основе определенных критериев влияющих на экологическую безопасность воздушной среды.

4. Управление качеством воздушной среды геосистем межгорных котловин и обеспечение экологической безопасности основано на достижении необходимого взаимодействия природной и технической подсистем.

5. Комплекс мероприятий, основанный на оптимальном выборе и размещении инженерных защитных сооружений (фито-скверы и фито-парки) является одним из эффективных решений актуальной проблемы улучшения качества воздушной среды геосистем межгорных котловин.

Степень достоверности результатов исследований, проведенных соискателем ученой степени обеспечивается представительностью и надёжностью исходных данных; привлечением базы данных государственных порталов; использованием сертифицированного оборудования (ЗабУГМС) и КИП; проведением необходимого количества экспериментов и получением представительного массива данных.

Достоверность также подтверждается принципиальной сходимостью полученных автором результатов теоретических расчётов с данными натурных измерений Н. К. Чертко, А. А. Карпиченко (2008), а также:

- с данными геоинформационного анализа;
- согласованностью полученных результатов концептуального и математического моделирования с данными экспериментальных исследований;
- применением современных методов математической статистики для обработки экспериментальных данных;
- экономической рентабельностью запатентованных инженерных защитных решений, наличием актов внедрения.

Личный вклад соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

1. Формулирование проблемы, определение цели и задач исследования.
2. Проведение натурных наблюдений и экспериментальных исследований.
3. Разработка нового направления экодиагностики - атмоэкодиагностики, специализированного под конкретные задачи, (условия межгорных котловин), создание и апробация новых геоэкологических методов оценки качества воздушной среды без применения и с учётом применения инженерных защитных сооружений.

4. Авторская концепция при разработке и обосновании метода управления качеством воздушной среды и обеспечения экологической безопасности геосистем межгорных котловин на основе интегрального критерия и составляющих его индикаторов.

5. Разработка методик геоэкологической оценки и расчета качества воздушной среды города, расположенного в условиях межгорных котловин.

6. Разработка и внедрение в производство запатентованных способов снижения количества загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

населенных пунктов, применительно к условиям межгорных котловин, посредством создания новых инженерных защитных сооружений и специфики их размещения.

Реализация результатов исследования. Примеры размещения городских инженерных защитных объектов и комплекс мероприятий включены в долгосрочную программу «Управление рисками опасных техноприродных процессов в городском округе «Город Чита» на период 2015-2030 гг.» и поэтапно реализованы ООО «РегионАрхЦентр, комитетом ЖКХ городского округа «Город Чита».

Апробация результатов. Основные результаты научных исследований представлены на Международной конференции «Земная цивилизация. Проблемы современной цивилизации» (Иркутск, 2006); Всероссийской конференции «Приоритетные направления развития науки и технологий» (Тула, 2010); Международной конференции «Экология и берегающие технологии на промышленных предприятиях, в строительстве, на транспорте и в сельском хозяйстве» (Пенза, 2013); Международной конференции «Moderni vymoženosti vedy – 2013» (Praha, 2013); Internationaler Kongress Fahmesse, euro – eso, (Hannover, 2013); совместных научных семинарах кафедры географии и кафедр техносферной безопасности, водного хозяйства и инженерной экологии, безопасности жизнедеятельности Забайкальского государственного университета (2006 – 2016); Международной научно-практической конференции «Техносферная безопасность Байкальского региона» (Чита, 2017); Международных конференциях «Кулагинские чтения» (Чита, 2007- 2022); III Всероссийской конференции «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии» (Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2017); II Байкальская Международной научно-практической конференции «Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: технология, климат и экология» (Иркутск: ИРНТУ, 2018); ООО «РегионАрхЦентр»; совещаниях городского округа «Город Чита».

Публикации по результатам исследований. Материалы диссертации изложены в 58 научных публикациях, из которых 13 работ опубликованы в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень рецензируемых научных изданий), 5 работ опубликовано в журналах, индексируемых в международных реферативных базах Scopus, Web of Science, 3 работы в рецензируемых журналах «RSCI», 1 монография, 2 патента РФ на изобретения и 34 публикации, опубликованные в других научных журналах и изданиях.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы 252 страницы, в том числе 62 рисунка, 15 таблиц, 10 приложений. Список литературы содержит 295 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе дан анализ теоретико-методологических подходов к обеспечению экологической безопасности воздушной среды природно-технических систем.

Во второй главе сформированы и обоснованы методологические основы атмоэкодиагностики урбанизированных геосистем межгорных котловин.

В третьей главе представлен вариант геоэкологической оценки качества воздушной среды территорий федеральных округов РФ на основе индикаторов.

В четвёртой главе разработан и обоснован метод управления качеством воздушной среды геосистем межгорных котловин и обеспечение экологической безопасности

В пятой главе представлен разработанный и обоснованный автором метод выбора и оптимального размещения инженерных защитных сооружений.

Алгоритм научных исследований

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АТМОЭКОДИАГНОСТИКИ урбанизированных геосистем межгорных котловин	
Методики	Методы
<p>1. Атмоэкодиагностика геосистем межгорных котловин:</p> <p> I этап - геоэкологическая оценка качества воздушной среды городов Приоритетного списка.</p> <p> II этап — определение зависимости значений ИЗА атмосферы по бенз(а)пирену от высоты над уровнем моря.</p> <p> III этап – геоэкологическая оценка качества воздушной среды территорий федеральных округов РФ на основе индикаторов</p>	<p>1. Управление качеством воздушной среды геосистем межгорных котловин и обеспечение экологической безопасности.</p> <p>2. Выбор и оптимальное размещение инженерных защитных сооружений</p>
<p>2. Расчёт интегрального критерия экологической безопасности воздушной среды и ранжирование условий для жизнедеятельности людей по степени благоприятности</p>	
<p>3. Расчёт качества воздушной среды (текущее и прогнозное) городов, расположенных в условиях межгорных котловин, с учётом применения инженерных защитных сооружений</p>	

Научные положения, выносимые на защиту, и их обоснование

Первое научное положение: Разработанное новое направление атмоэкодиагностика позволяет выявить и изучить признаки, характеризующие современное и ожидаемое состояние воздушной среды геосистем межгорных котловин в зависимости от природных (прежде всего, рельефа и климата) и антропогенных особенностей – обосновывается следующими тезисами, развернутыми в соответствующей главе диссертации.

По интегральному критерию экологической безопасности воздушной среды и показателям средней продолжительности жизни составлен рейтинг экологической безопасности воздушной среды федеральных округов РФ (рис. 1)

На картограмме видно, что последнее 9 место в экологическом рейтинге занимает Сибирский ФО, где сконцентрировано 90, 91 % городов Приоритетного списка (2015).



Федеральный округ	Интегральный критерий экологической безопасности воздушной среды		Средняя продолжительность жизни людей (лет)	Рейтинг по экологической безопасности воздушной среды территории
	суммарный балл	средний балл		
Крымский	314,5	8,74	72,28	1
Северо-Кавказский	619,8	17,22	75,34	2
Южный	635,3	17,65	72,02	3
Северо-Западный	795,6	22,1	71,7	4
Приволжский	877,7	24,38	70,71	5
Дальневосточный	923,3	25,65	68,68	6
Центральный	944,3	26,23	72,72	7
Уральский	1023,3	28,43	70,38	8
Сибирский	1122,6	31,18	69,31	9
Российская Федерация			71,4 г. (мужчин - 65,9; женщин – 76,7)	

Рис. 1. Картограмма рейтинга федеральных округов РФ по экологической безопасности воздушной среды

Все эти города, в основном, расположены в понижениях местности, котловинах, в частности межгорных, такие как г. Чита (Читино-Ингодинская) и г. Петровск-Забайкальский (Тугнуйская) расположенные в Забайкалье (табл. 1).

Таблица 1. Информация по городам Приоритетного списка (2015)

Города Приоритетного списка	Высотные отметки рельефа местности (определены автором по интерактивной карте России: Российский УКВ портал http://www.vhfdx.ru/karta-vyisot)		Название котловины, равнины и низменности
	минимум, м	максимум, м	
Биробиджан	77	160	Предгорье Средне-Амурской низменности
Братск	338	510	Понижения Ангарского Кряжа
Зима	455	480	Иркутско-Черемховская равнина
Кызыл	622	910	Тувинская
Минусинск	250	560	Минусинская
Норильск	44	700	Понижения Плато Путорана
<i>Петровск- Забайкальский</i>	<i>788</i>	<i>1000</i>	<i>Тугнуйская</i>
Селенгинск	470	560	Гусиноозерская
Улан-Удэ	498	1440	Иволгино-Удинская
Черногорск	242	549	Хакасско-Минусинской
<i>Чита</i>	<i>637</i>	<i>1039</i>	<i>Читино- Ингодинская</i>

Атмосферодиагностику предлагается осуществлять по трем этапам. Каждый из них предназначен для решения специальных задач обеспечения экологической безопасности населенных пунктов, расположенных в межгорных котловинах:

I этап - геоэкологическая оценка качества воздушной среды городов Приоритетного списка. Исследования проводились в течение 2005-2020 гг. на объектах: Читино-Ингодинская впадина (г. Чита), на 12 постах натуральных наблюдений (ПНН) и Тугнуйская впадина (г. Петровск-Забайкальский), на 3 ПНН.

Мощные орографические инверсии препятствуют выносу воздуха с территории, где расположены источники загрязнения, чем объясняется особенно низкий метеорологический потенциал самоочищения воздушной среды от вредных примесей. Замкнутость котловин влияет на формирование погоды особенно в период отрицательных температур.

Интерполяция годового хода повторяемости приземных инверсий в г. Чита показан на рис. 2.

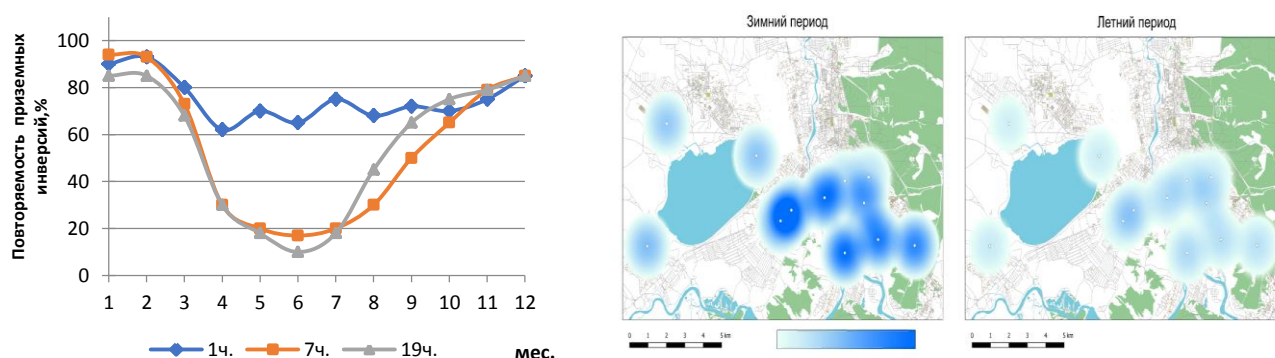


Рис. 2. Интерполяция годового хода повторяемости приземных инверсий в г. Чита

Комплексный индекс загрязнения атмосферы за 2005-2015 гг. увеличился в 1,78 раза и в среднем сохраняя показатели до 2020 г. в связи с максимальным насыщением авторынка по покупательской способности и соответственно стабилизации показателей транспортной нагрузки (табл. 2).

Таблица 2. Показатели оценки качества атмосферного воздуха по постам натуральных наблюдений г. Чита за 2005 – 2020гг.

Показатели	Годы										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015-2020(ср.)
СИ	8,0	10,4	12,8	14,2	15,5	14,9	10,5	12,6	41,4	77,5	64,2
$\sum_{k=1}^n \text{ИЗА}_i$ - комплексный индекс	18,7	24,7	30,7	22,4	28,3	22,2	21,8	20,2	26,1	29,0	33,3
ИЗА_5	16,7	22,4	28,1	20,9	21,5	20,4	19,8	18,7	24,4	27,2	30

Основной вклад приоритетных веществ, загрязняющих воздушную среду Читы, дают выбросы автотранспорта. Интерполяция по временным периодам изменения транспортной нагрузки в пределах Читинско-Ингодинской котловины (г. Чита) представлена на рис. 3

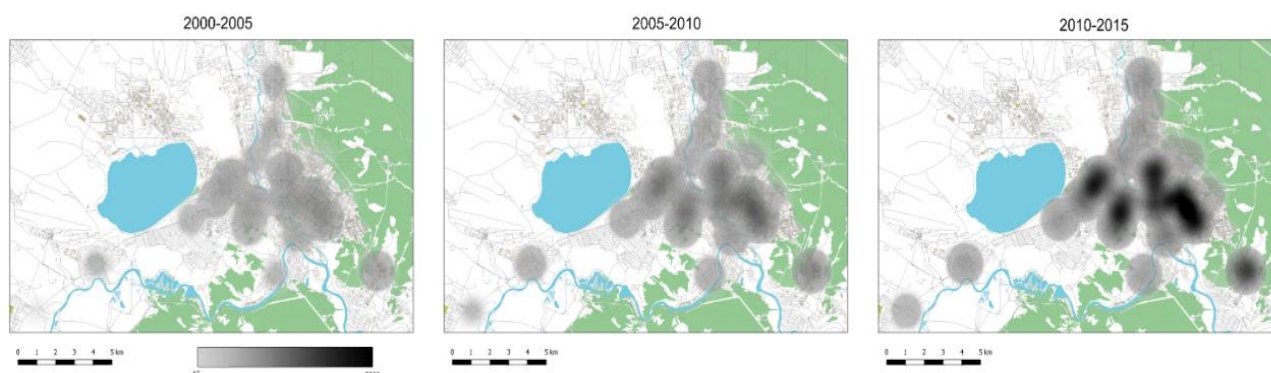
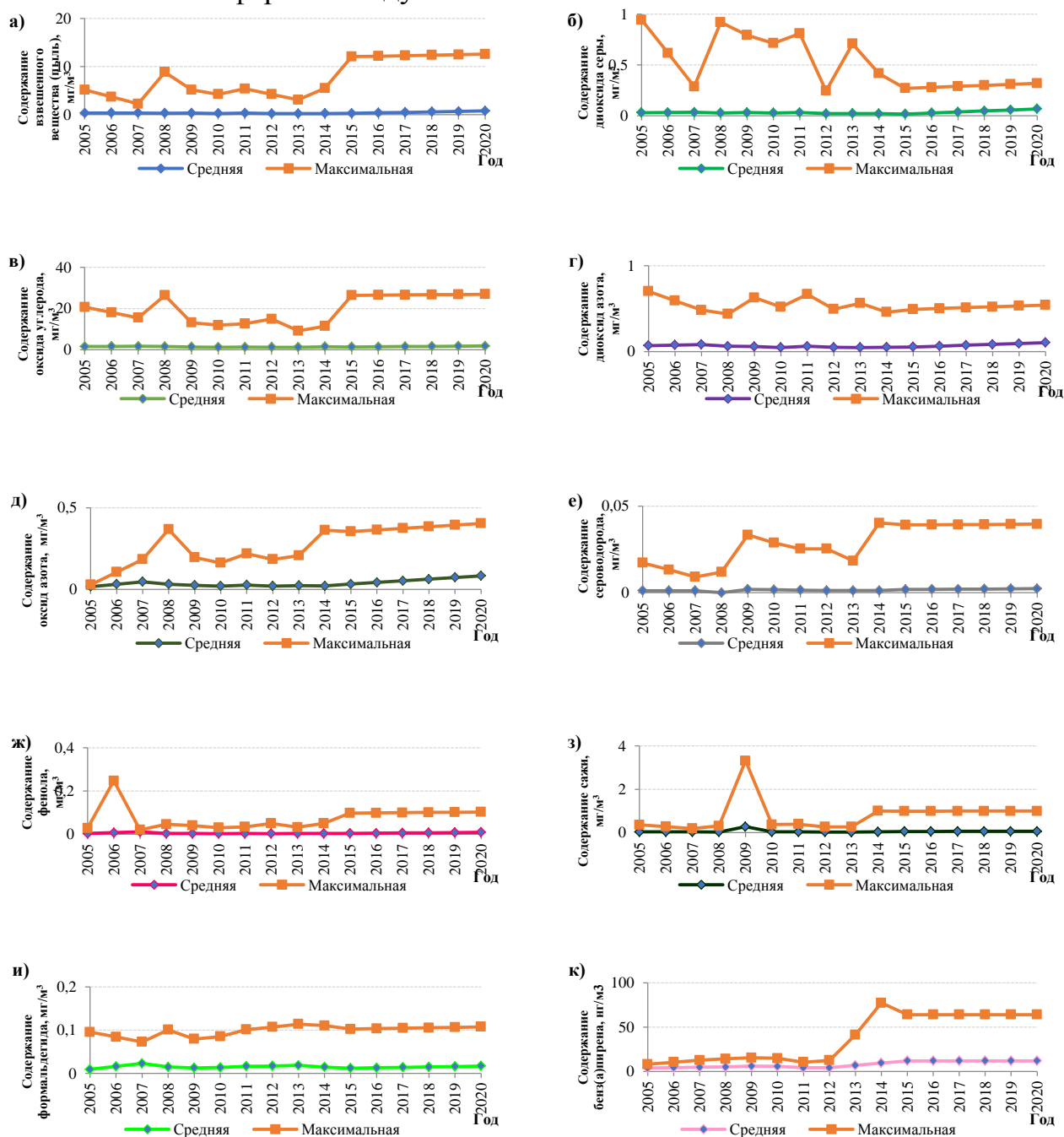
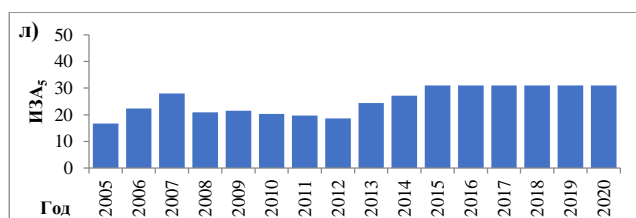


Рис. 3 Интерполяция по временным периодам изменения транспортной нагрузки в пределах Читинско - Ингодинской котловины (г. Чита)

Забайкальское УГМС осуществляет контроль уровня загрязнения атмосферы на шести стационарных пунктах наблюдений. Авторские исследования дополнительно проведены на периодически посещаемых 12-ти постах натуральных наблюдений (ПНН), расположенных на различных высотных отметках заселённых территорий.

Динамика изменения содержания ЗВ в воздушной среде г. Чита за период 2005-2020 гг. показана на рис. 4. В период 2015 по 2020 гг., в связи с остановкой роста транспортной нагрузки, наблюдаются примерно одинаковые объемы ЗВ в атмосферном воздухе.





Условные обозначения: а - взвешенные вещества (пыль); б - диоксид серы; в - оксид углерода; г - диоксид азота; д - оксид азота; е - сероводород; ж - фенол; и - сажа; к - формальдегид; л - бенз(а)пирен; м – динамика величины индекса загрязнения атмосферы г. Чита пятью приоритетными веществами

Рис. 4. Динамика изменения содержания ЗВ в воздухе г. Чита за период 2005-2020 гг. (по постам натуральных наблюдений)

Стандартный индекс загрязнения воздушной среды в г. Чита увеличился в 2015 г. по сравнению с 2005 г. в 7,94 раза (рис. 5, а). Роза ветров, построенная по результатам натуральных наблюдений (рис. 5, б), в дальнейшем учитывалась при создании комплекса инженерной защиты, построения ореолов рассеяния бенз(а)пирена и определения размеров инженерных защитных сооружений.

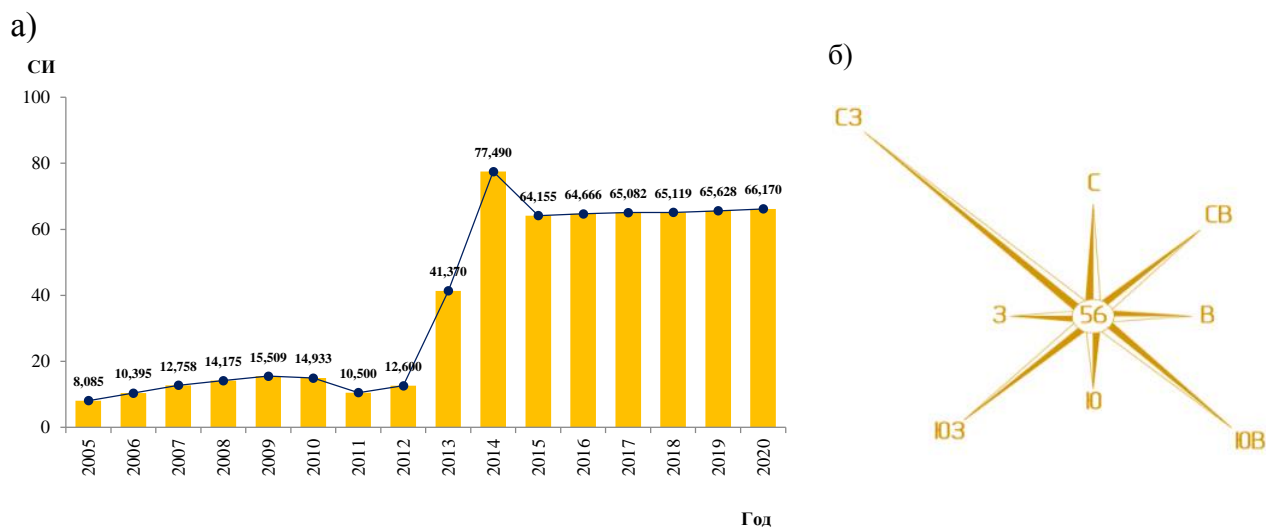


Рис. 5. Результаты натуральных наблюдений: а) динамика стандартного индекса загрязнения воздушной среды в г. Чита; б) среднегодовая роза ветров

Согласно данным Росстата за 2015 г. по загрязнению атмосферного воздуха в разных городах России, самым загрязнённым по ряду показателей, в том числе бенз(а)пирену, стала Чита. Установлена устойчивая тенденция увеличения как среднегодовых, так и максимальных концентраций всех ЗВ. В результате натуральных наблюдений можно оценивать территорию города как экологически неблагоприятную.

Показатели среднемесячного содержания бенз(а)пирена в атмосферном воздухе г. Чита по ПНН подтверждают сохранение стабильно высоких, приблизительно одинаковых значений (Рис. 6).

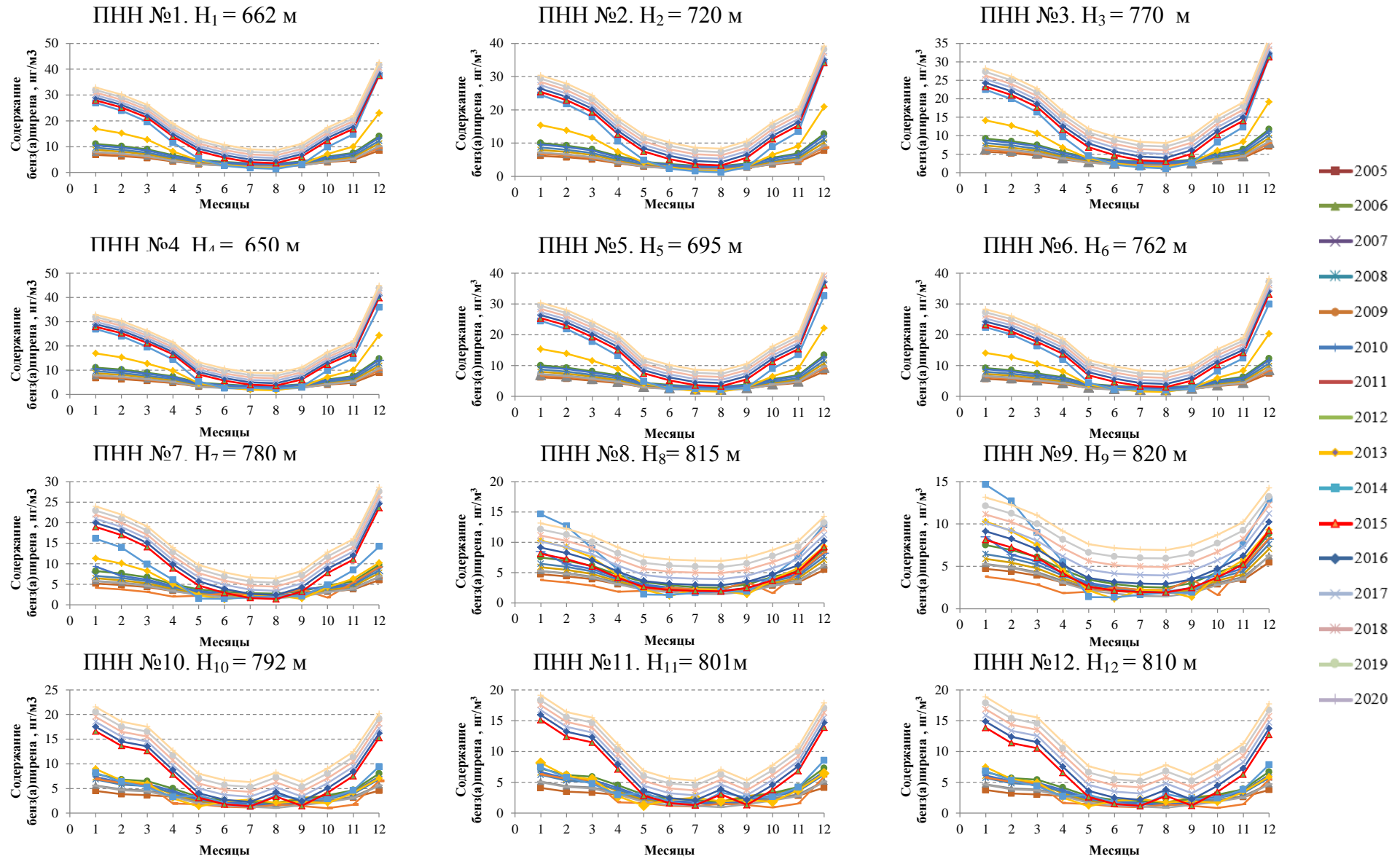


Рис. 6. Показатели среднемесячного содержания бенз(а)пирена в воздухе г. Чита за период 2005-2020 гг. (по постам натуральных наблюдений)

Аналогичные исследования с 2005 по 2020 гг. проведены на трёх ПНН в г. Петровск–Забайкальский, в котором уровень загрязнения воздушной среды оценивается как повышенный (2005-2007) и высокий (2008-2020). Наименьшая кратность превышения ПДК максимальной концентрации бенз(а)пирена составила 9,364 (2010), наибольшая – 26,775 (2014), что также свидетельствует о высоком уровне загрязнения атмосферного воздуха.

Первое защищаемое положение подкрепляется и работами, проведенными на II этапе атмоэкодиагностики, – определением зависимости значений ИЗА атмосферы по бенз(а)пирену от геоусловий характерных объектов. Он осуществлялся в следующей последовательности: 1) отбор проб воздуха и их анализ по содержанию бенз(а)пирена в воздухе г. Чита в четырёх административных районах; 2) производился расчёт среднемесячного содержания бенз(а)пирена 3) рассчитывался индекс загрязнения атмосферы по бенз(а)пирену – ИЗА_{бенз.}; 4) составлялось построение порайонной картосхемы Читы (рис.7) загрязнения воздушной среды бенз(а)пиреном; 5) определялась зависимость ИЗА_{бенз.} от геоусловий характерных объектов; 6) осуществлялось исследование влияния бенз(а)пирена на показатели демографических потерь Забайкальского края путем анализа официальных государственных статистических данных (ГУЗ «Забайкальский краевой онкологический диспансер») и сравнение их с общероссийскими.

Высокое содержание бенз(а)пирена характерно за последние годы 2018 – 2020 гг. соответственно: 24,373; 35,8961; 39,7925 нг/м³.

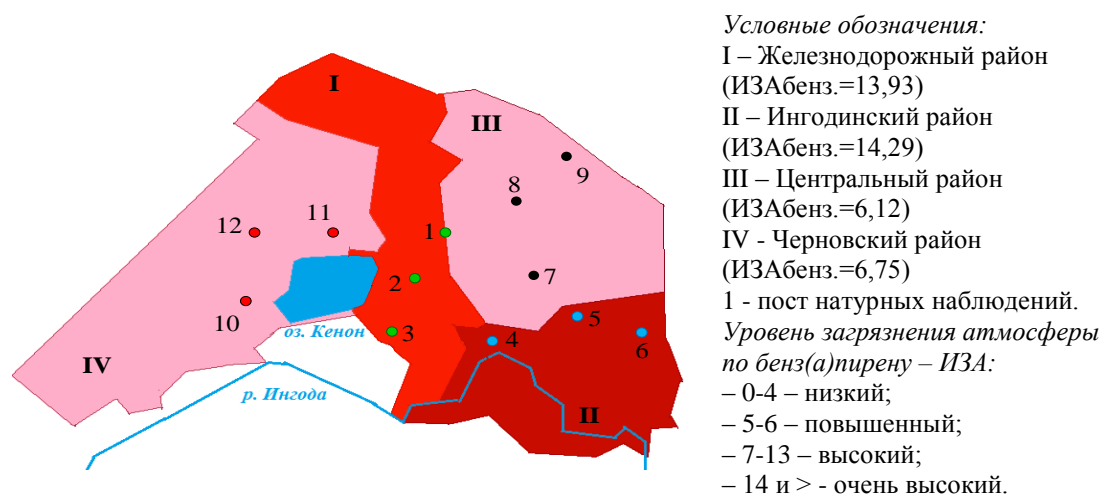


Рис. 7. Картосхема загрязнения воздушной среды Читы бенз(а)пиреном, 2005-2020 г.

Чита относится к числу городов, с наиболее загрязненной воздушной средой. Годовой ход концентраций бенз(а)пирена, выявленный на двенадцати постах наблюдений, свидетельствует о том, что в целом концентрации остаются очень высокими, особенно в зимнее время и это зависят от высоты местности над уровнем моря и профиля высот. Например, в 2014 г. (декабрь, январь, февраль) превышение ПДК составило 37,5; 26,9 и 23, 9 раза, а в 2015 г. – 37,5;

27,9 и 25,2 соответственно по месяцам. Интерполяция изменения концентраций ЗВ (бенз(а)пирена) в Читино-Ингодинской котловине (г. Чита) по временным периодам представлена на рис. 8.

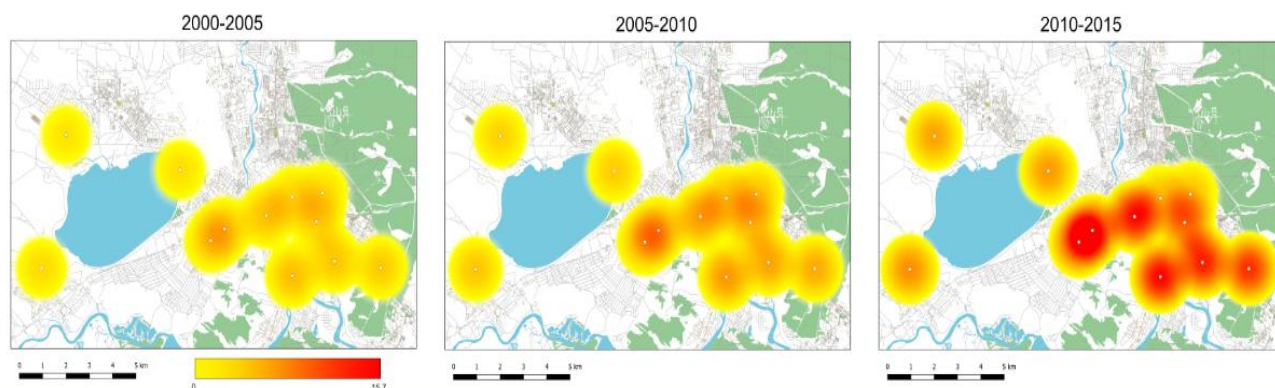


Рис. 8. Интерполяция изменения концентраций ЗВ (бенз(а)пирена) в Читино-Ингодинской котловине (г. Чита) по временным периодам

Изменения концентраций ЗВ (бенз(а)пирена) в Читино-Ингодинской котловине (г. Чита) напрямую связаны с уровнем заболеваемости населения.

Интерполяция по обращаемости по злокачественным новообразованиям органов дыхания в г. Чита представлена на рис. 9

Медицинская организация	2018г.	2019г.	2020г.
ГУЗ «КМЦ» поликлиника №1 Центральный район	18	19	11
ГУЗ «КМЦ» поликлиника №2 Центральный район	18	23	21
ГУЗ «КМЦ» поликлиника №3 Ингодинский район	17	23	18
ГУЗ «КМЦ» поликлиника №4 Ингодинский район	4	9	13
ГУЗ «КМЦ» поликлиника №5 Черновский район	26	25	20
ГУЗ «КМЦ» поликлиника №6 Черновский район	5	5	4
ГУЗ «Городская больница №2» Черновский район	12	9	8
НУЗ «Дорожная клиническая больница» Железнодорожный район	17	21	20

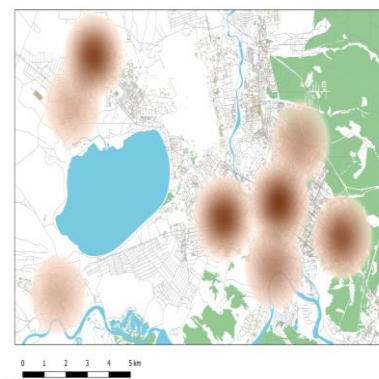


Рис. 9 Интерполяция по обращаемости по злокачественным новообразованиям органов дыхания в г. Чита (ГУЗ «Забайкальский краевой онкологический диспансер»)

Приоритетный список городов ежегодно обновляется, но несколько городов, в том числе и характерные по материалам исследований (Чита, Петровск-Забайкальский) постоянно остаются в нем, что четко коррелируется с показателями заболеваемости и смертности людей на этих территориях (табл. 3)

Таблица 3. Сравнительный анализ смертности населения РФ и Забайкальского края из-за болезней органов дыхания, случаев на 100 тыс. населения

Территории	Годы										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015-2020 (ср)
Российская Федерация	66,34	58,1	54,8	56,02	31,5	52,36	52,34	49,51	52,0	54,5	51,8
Забайкальский край	119,4	110,0	101,7	105,4	80,75	67,9	122,6	74,13	71,2	66,2	79,5
Кратность превышения	1,80	1,89	1,86	1,88	2,56	1,37	2,34	1,50	1,37	1,22	1,53

На рис. 10 приведены показатели демографических потерь по причине болезни органов дыхания в Забайкальском крае на примере за 2018-2020 гг.

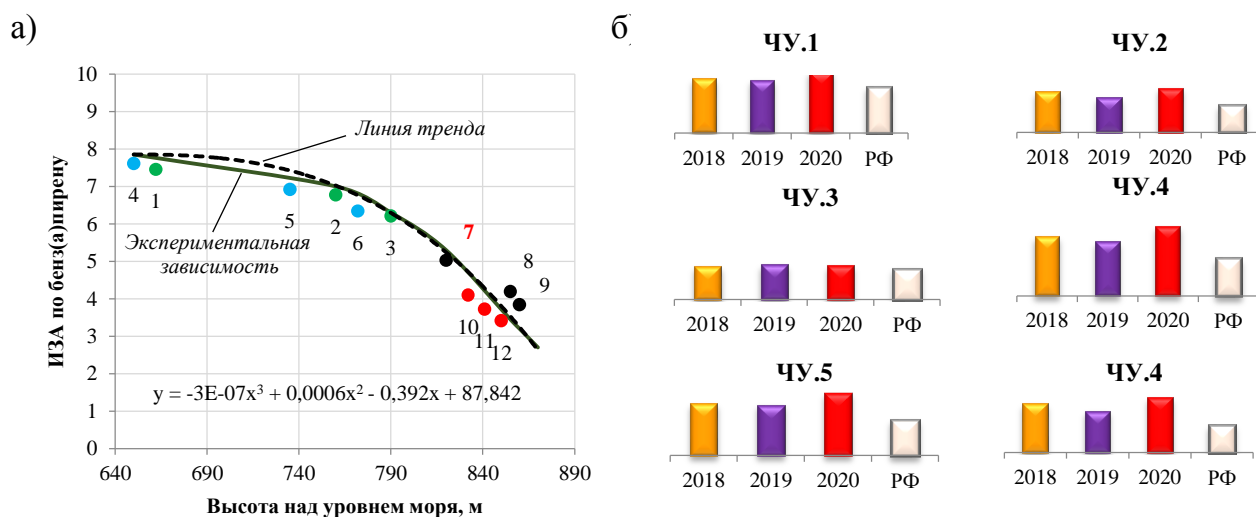


Рис. 10. Атмозкодиагностика: а) усреднённые значение ИЗА по бенз(а)пирену за 2005-2020 гг. б) показатели демографических потерь по причине болезни органов дыхания (2018-2020 гг.)

Условные обозначения: ■ 2013; ■ 2014; ■ 2015 гг. и среднее значение по РФ: ЧУ – число умерших жителей по причине болезни органов дыхания: 71,2; 66,2; 75,9; 54,5, чел., в том числе: ЧУ.1 – число умерших мужчин на 100 тыс. населения по причине болезни органов дыхания: 93,9; 91,6; 105,8; 79,2; ЧУ.2 – число умерших женщин на 100 тыс. населения по причине болезни органов дыхания: 50,4; 42,9; 55,1; 33,1; ЧУ.3 – злокачественные новообразования органов дыхания: 42,6; 44,5; 43,4; 38,6; ЧУ.4 – число умерших старше трудоспособного возраста на 100 тыс. населения по причине болезни органов дыхания: 258,7; 235,9; 302,5; 159,6; ЧУ.5 – число умерших мужчин на 100 тыс. населения старше трудоспособного возраста по причине болезни органов дыхания: 509,4; 490,3; 607,7; 340,6; ЧУ.6 – число умерших женщин на 100 тыс. населения старше трудоспособного возраста по причине болезни органов дыхания: 159,4; 134,1; 177,6; 86,3.

Второе защищаемое положение: *Экологическую оценку состояния воздушной среды федеральных округов РФ возможно провести на основе критериев и показателей: демографической нагрузке, промышленной нагрузке, транспортной нагрузке, объемах ЗВ от неподвижных источников, объемах ЗВ в выбросах от автотранспорта, уровне загрязнения атмосферы, медико-демографических потерях от воздействия загрязненного атмосферного воздуха, которая позволит определить лидеров и аутсайдеров экологического рейтинга – обосновывается в соответствующей главе диссертации.*

Уровень концентрации загрязняющих веществ в воздушном бассейне городов ФО во многом обуславливается влиянием следующих природных факторов: географических (характер рельефа местности); метеорологических и климатических (температурные инверсии, роза ветров, высота слоя перемещения и перемешивания воздушных масс, их мощность и интенсивность, повторяемость застоев воздуха и штилевых слоев на различных высотах).

III этап атмодиагностики (геоэкологическая оценка качества воздушной среды территорий федеральных округов РФ на основе индикаторов), заключается в том, что уровень устойчивости или деструкции территории напрямую влияет на напряжённость экологической ситуации, степень которой можно определить количественно по численным значениям индикаторов.

Непременным условием, определяющим достоверность диссертационного исследования в целом, защищаемое положение основывается на сопоставительной методологии и подкрепляется данными по федеральным округам РФ и в целом по России. Реализация III этапа атмодиагностики проводится в следующей последовательности: 1) формирование базы данных в целом по Российской Федерации и девяти федеральным округам (Центральный, Северо-Западный, Южный, Северо-Кавказский, Приволжский, Уральский, Сибирский, Дальневосточный и Крымский), характеризующих качество атмосферного воздуха на основе большого количества статистических данных; 2) определение показателей (демографическая, промышленная, транспортная нагрузки, потоки выделения ЗВ от стационарных источников, уровень загрязнения атмосферы, выбросы ЗВ от автотранспорта, медико-демографические потери, вызванные загрязнением атмосферного воздуха; 3) расчёт значений индикаторов нагрузки, которые характеризуют экономическое развитие и социальную стабильность территории; 4) построение иллюстрационной графики с целью определения степени влияния техногенной нагрузки на напряжённость экологической ситуации территории (низкая, пониженная, средняя, повышенная, высокая); 5) анализ динамики изменения индикаторов позитивных демографических перемен в РФ; 6) проведение ранжирования ФО РФ по суммарному и среднему баллам интегрального критерия экологической безопасности воздушной среды, позволяющему выйти на важнейший демографический показатель – среднюю продолжительность жизни людей.

Для каждого показателя, используемого в исследовании, установлены следующие индикаторы:

- демографической нагрузки: 1 – численность постоянного населения; 2 – плотность населения; 3 – естественный прирост; 4 – миграционный прирост (+), убыль (–) внутренние; 5 – миграционный прирост (+), убыль (–) внешние;

- промышленности: 6 – добыча полезных ископаемых; 7 – обрабатывающие производства; 8 – производство и распределение электроэнергии, газа, воды; 9 – сельское хозяйство; 10 – другие виды экономической деятельности;

- транспортной нагрузки: 11 – обеспеченность легковыми автомобилями на 1000 жителей; 12 – удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием;

- потоки выделения ЗВ от стационарных источников: 13 – количество выбросов загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников; 14 – удельные нагрузки выбросов от стационарных источников; 15 – выбросы основных загрязняющих веществ от автотранспорта; 16 – суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;

- уровень загрязнения атмосферы: 17 – количество городов с ИЗА>7-19; 18 – количество городов с Q>ПДК-39; 19 – количество городов с СИ>10-16; 20 – количество городов с НП>0-0; 21 – население в городах с высоким уровнем загрязнения;

- выбросы ЗВ от автотранспорта: 22 – SO₂; 23 – NO_x; 24 – ЛОС; 25 – СО; 26 – С; 27 – NH₃; 28 – CH₄;

- медико-демографические потери, вызванные загрязнением атмосферного воздуха: 29 – число умерших в трудоспособном возрасте от всех причин; 30 – число умерших по причине болезни органов дыхания; 31 – коэффициент смертности населения в трудоспособном возрасте от всех причин на 100 тыс. населения; 32 – коэффициент смертности населения по причине болезни органов дыхания.

ВОЗ установила среднегодовое значение концентрации канцерогенных веществ – 0,001 мкг/м³, как величину, выше которой могут наблюдаться неблагоприятные последствия для здоровья человека, в том числе возникновение злокачественных опухолей [<http://www.euro.who.int/air/activities/200502234,2004>].

На примере Сибирского ФО (рис. 11) показаны результаты геоэкологической оценки качества воздушной среды по индикаторам загрязнения воздушной среды и показатели медико-демографических потерь, вызванных загрязнением атмосферного воздуха.

Также установлены индикаторы (рис. 11) показателя улучшения качества воздушной среды:

- 33 – количество улавливаемых загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников;

- 34 – удельные нагрузки улавливания загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников;

- 35 – количество утилизированных ЗВ;
- 36 – количество удалённых ЗВ посредством применения комбинированного комплекса инженерной защиты территорий.

На основе анализа данных суммарных выбросов за период 2005-2015 гг. в целом по РФ установлено, что максимальные выбросы ЗВ в атмосферный воздух РФ, отходящих от стационарных источников, дают Сибирский ФО (29,59 %) и Уральский ФО (27,37 %), а минимальные – Северо-Кавказский ФО (0,83 %) и Южный ФО (3,46 %).

Информационные возможности графического представления численных значений индикаторов показателя улучшения качества воздушной среды Сибирского ФО в 2015 г. относительно Российской Федерации (в баллах) иллюстрирует (рис. 11).

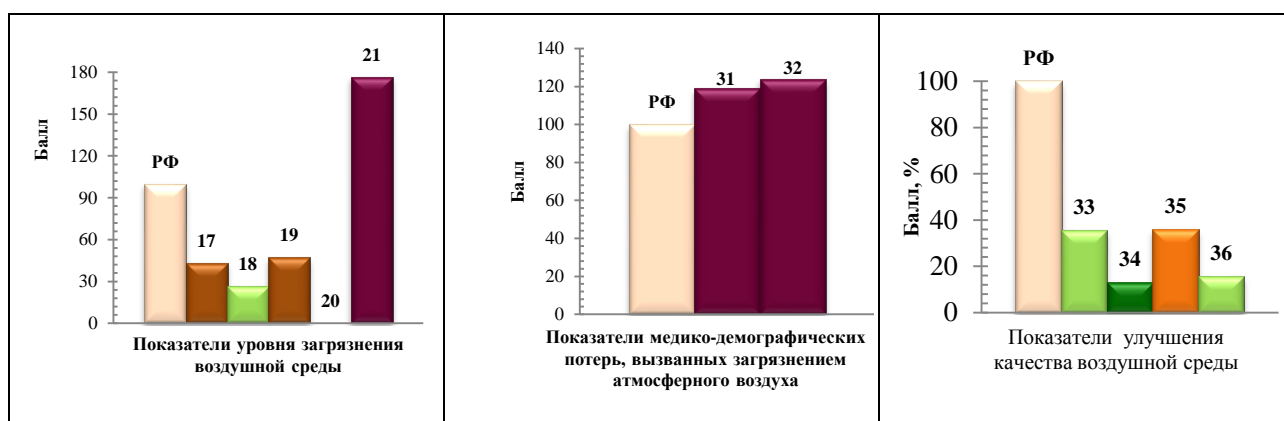


Рис. 11. Сравнительная оценка показателей уровня загрязнения воздушной среды, показателей медико-демографических потерь и улучшения качества воздушной среды на примере Сибирского ФО

Максимальное количество уловленных обеспечивает Сибирский ФО (37,03 %) и Уральский ФО (22,35 %), а минимальные – Дальневосточный ФО (7,67 %) и Приволжский ФО (8,9 %).

В целом по РФ за период 2005-2015 гг. общие объемы ЗВ в атмосферном воздухе от стационарных источников, составили 309500 тыс. т, от автотранспорта – 230168 тысяч тонн, вклад Сибирского ФО – 29,59 % и 15,32 % соответственно.

Экологическая оценка состояния воздушной среды федеральных округов РФ на основе критериев и показателей влияющих на безопасность воздушной среды позволила сформировать экологический рейтинг ФО и выявить лидеров и аутсайдеров по общим выбросам ЗВ (рис. 12).

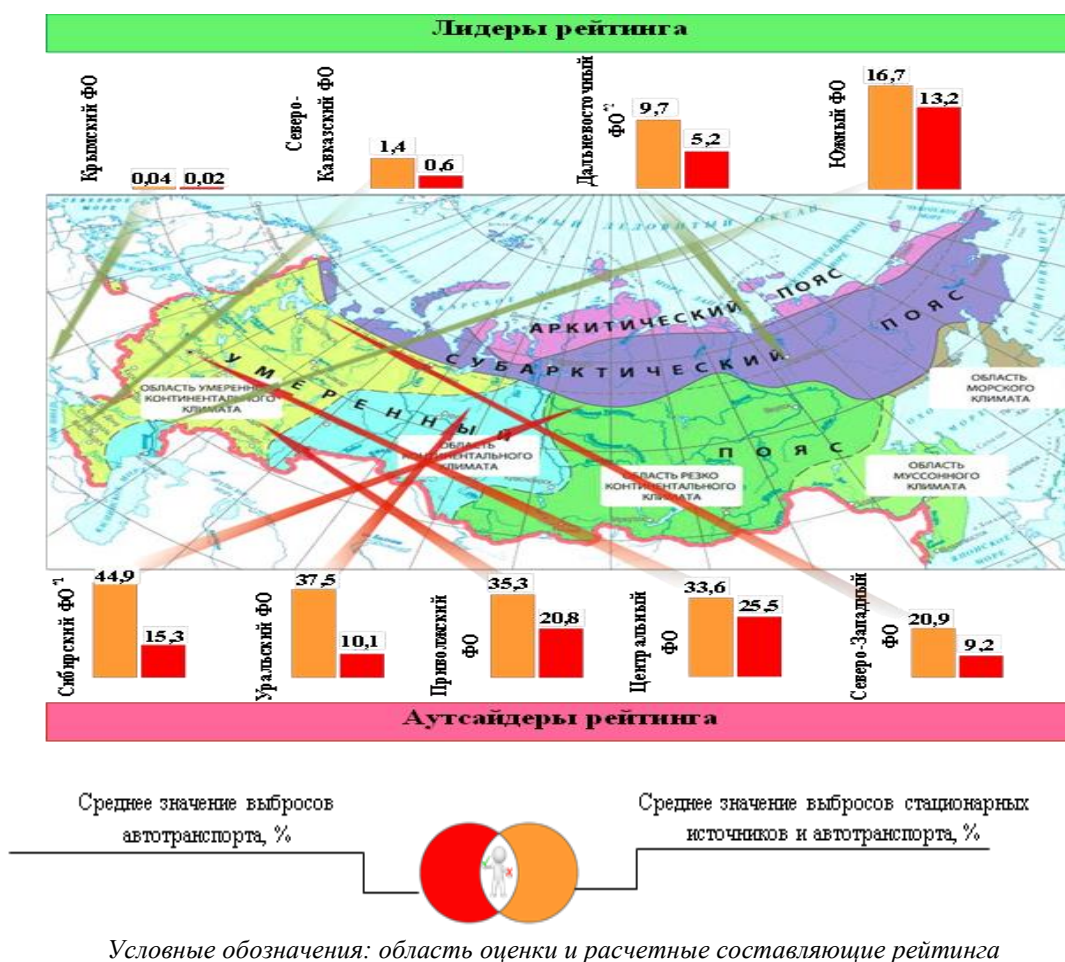


Рис. 12. Экологический рейтинг ФО по общим выбросам ЗВ (средние годовые значения показателей стационарных источников и автотранспорта)

Средние годовые значения по общим выбросам ЗВ в РФ составляют 73,98 %. Выбросы автотранспорта в РФ от общего количества ЗВ составляют 42,65 %. В Сибирском ФО выбросы автотранспорта составляют 27,79 %, т. е. в 1,54 раза меньше, чем средние показатели по РФ. Также в Сибирском ФО уловлено ЗВ на 6,79 % больше, чем в среднем по РФ, однако это кардинально не влияет на улучшение качества воздушной среды.

Максимальные выбросы ЗВ от автотранспорта характерны для Центрального ФО (25,49 %) и Приволжского ФО (20,81 %), а минимальные – для Дальневосточного ФО (5,24%) и Северо-Западного (9,24 %). Расчётные данные показали, что минимальные общие выбросы на душу населения и в 2015 г. приходились на Южный ФО (47 кг). Максимальные выбросы – на Уральский ФО (311 кг) и Сибирский ФО (304 кг), что, соответственно больше, в 6,62 и 6,47 раза, чем в ФО с минимальными показателями. Следовательно, позиции этих двух федеральных округов по выбросам ЗВ за последние шестнадцать лет практически не изменились.

Третье защищаемое положение: *Дифференциацию территорий по условиям жизнедеятельности людей на комфортные, умеренно комфортные, дискомфортные, экстремальные целесообразно осуществлять на основе определенных критериев влияющих на экологическую безопасность воздушной среды – обосновывается следующими тезисами.*

Предложенная методика «Расчёт интегрального критерия экологической безопасности воздушной среды и ранжирование условий для жизнедеятельности людей по степени благоприятности» (далее Методика 2).

При анализе данных, характеризующих качество воздушной среды территории – $ЗВ \left(\sum_{k=1}^n C_i \right)$ учтено влияние 36 показателей, что позволило оценку уровня загрязнения атмосферы осуществлять на основе интегрального критерия экологической безопасности.

Тридцать шесть показателей распределены по трём укрупнённым группам в зависимости от функционала: $\sum_{k=1}^n ИЗВ_i$; $\Delta \sum_{k=1}^n РУТ_i$; $\sum_{k=1}^j \sum_{n=1}^n УЗВ_i$

Тогда интегральный критерий экологической безопасности для оценки качества воздушной среды городов, разработанный на основе математической модели, предлагается определять по формуле:

$$\sum_{k=1}^n C_i = C_i \left[\left(\sum_{k=1}^n ИЗВ_i + \Delta \sum_{k=1}^n РУТ_i \right) - \sum_{k=1}^j \sum_{n=1}^n УЗВ_i \right] \rightarrow \min \quad (1),$$

где: $\sum_{k=1}^n ИЗВ_i$ - концентрация загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух города, от источников, генерируемых i -ми видами объекта (стационарные и передвижные), зависящая от нагрузки на территорию (показатели 1-12), формирующие текущие потоки выделения (показатели 13-16, 22-28);

$\Delta \sum_{k=1}^n РУТ_i$ - дополнительная концентрация ЗВ в воздушной среде, обусловленная рядом региональных условий территории: географические, метеорологические и климатические (показатели 17-21), способствующая увеличению показателей демографических потерь за счёт болезней органов дыхания населения (показатели 29-32);

$\sum_{k=1}^j \sum_{n=1}^n УЗВ_i$ - концентрация ЗВ, содержащаяся в потоке удаления (снижения, утилизации и/или поглощения), в зоне действия i -го объекта, в том числе на основе разработки комбинированного комплекса инженерной защиты от техногенных опасностей, обеспечивающего улучшение качества воздушной среды с целью поддержания устойчивого развития территории (показатели 33-36).

Для математической модели вводятся граничные условия области применения:

- 1) для условий геосистем межгорных котловин;
- 2) для условий геосистем внутриконтинентальных межгорных котловин;

3) для условий урбанизированных геосистем внутриконтинентальных межгорных котловин.

В Методике 2, кроме классических показателей СИ, ИЗА, ИЗА₅, НП, ПЗА автором включены следующие показатели и коэффициенты: региональный коэффициент по пяти приоритетным веществам: $K_{5\text{регион.}} = \text{ИЗА}_{5\text{регион.}} : \text{ИЗА}_{5\text{нижн. крит.}} = 14:7 = 2$, где ИЗА_{5регион.} – региональный индекс загрязнения атмосферы по пяти приоритетным веществам для территории города в условиях межгорных котловин, соответствующий нижнему пределу очень высокого уровня загрязнения воздушной среды; ИЗА_{5нижн. крит.} – индекс загрязнения воздушной среды по пяти приоритетным веществам, соответствующий нижнему пределу высокого (критического) уровня загрязнения воздушной среды; коэффициент смертности в связи с болезнями органов дыхания.

Для оценки текущего качества воздушной среды и прогнозирования негативного воздействия техноприродных опасностей на здоровье населения города, а также для выбора оптимальных геозащитных сооружений, автором на основе известных классических методик, разработана методика «Расчёт качества воздушной среды (текущее и прогнозное) городов, расположенных в условиях межгорных котловин с учётом применения защитных геотехнических сооружений» (далее Методика 3).

Структурная схема Методики 3 состоит из последовательно осуществляемых пяти расчётных этапов: 1. Расчёт показателей индикаторов нагрузки на территорию выбросами *i*-го загрязняющего вещества стационарными и передвижными источниками. 2. Расчёт показателей индикаторов загрязнения воздушной среды автотранспортными средствами, в том числе расчёт ИЗА и ИЗА₅. 3. Расчёт показателей индикаторов улучшения качества воздушной среды. 4. Расчёт показателя степени загрязнения воздуха. Построение ореола рассеяния ЗВ. Расчёт качества воздушной среды - концентрации C_i без применения защитных инженерных сооружений и устройств, позволяющих снизить техногенную опасность. 5. Расчёт качества воздушной среды – концентрации C_i с учётом применения защитных инженерных сооружений и устройств, снижающих техногенную опасность.

Поток удаления при помощи растений λ_p ($\text{г/м}^2 \text{сек}^{-1}$) оценивался на основе модели UFORE (Nowak, Crane).

По Методике 3 выполнен расчет концентраций бенз(а)пирена в атмосферном воздухе и степень загрязнения территории при различных метеорологических условиях (средняя скорость ветра, частота повторений ветра, направление ветра). Построены ореолы рассеяния бенз(а)пирена по четырём административным районам города Чита и восьми сторонам света (С, С-В, В, Ю-В, Ю, Ю-З, З, С-З, С). Методика 3 позволяет учитывать рельеф местности; альтернативность выбора зелёных насаждений; вариативность выбора сооружений фито-скверов и фито-парков; архитектурно-планировочные решения; заданную степень снижения чрезвычайно опасного количества ЗВ в атмосферном воздухе за счёт применения геозащитных сооружений. На основе

данных геоэкологической оценки произведён расчёт интегрального критерия экологической безопасности воздушной среды по девяти ФО РФ. На рис. 13. показаны цветовые модели интегральных критериев напряжённости экологической ситуации территорий на примере Сибирского ФО и РФ в целом.

Индикаторы I и II характеризуют текущее качество воздушной среды территории с учётом дополнительных источников ЗВ, обусловленных региональными географическими, метеорологическими и климатическими условиями территории; индикатор III – качество воздушной среды с учётом потока удаления, снижения и утилизации ЗВ.

Таким образом, интегральный критерий стал базисом ранжирования условий для жизни людей в городах, где сконцентрированы мощные индустриальные комплексы и ключевые транспортные развязки. (индикаторы I, II, III, показатели 1-36, рис. 11; индикатор IV, показатели 37-41).

I. Индикаторы нагрузки на территорию								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12						
II. Индикаторы разрушения территории								
13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32							
III. Индикаторы снижения потоков ЗВ								
		33	34	35	36			



Степень влияния техногенной нагрузки на напряжённость экологической ситуации территории







	– 0-20 – низкая		– 61-75 – повышенная
	– 21-40 – пониженная		– 76-100 – высокая
	– 41-60 – средняя		– миграционная убыль с государствами-участниками СНГ и со странами ближнего зарубежья

Рис. 13. Цветовые модели интегральных критериев напряжённости экологической ситуации территорий на примере Сибирского ФО и РФ

Критерии оценки качества атмосферного воздуха, разработанные для каждой степени благоприятности условий для жизнедеятельности людей: благоприятные (комфортные); умеренно благоприятные (умеренно комфортные); неблагоприятные (дискомфортные); очень неблагоприятные (экстремальные) приведены в табл. (см. диссертацию стр. 122).

Четвертое защищаемое положение: *Управление качеством воздушной среды геосистем межгорных котловин и обеспечение экологической безопасности основано на достижении необходимого взаимодействия природной и технической подсистем – обосновывается в соответствующей главе диссертации.*

Разработанный метод «Управление качеством воздушной среды геосистем межгорных котловин и обеспечение экологической безопасности» (Метод 1), основывается на выработанных представлениях об источниках формирования качества воздушной среды города в условиях межгорных котловин (рис. 14).

1 БЛОК. Источники выбросов загрязняющих веществ в воздушную среду, генерируемые i – ми видами объекта (стационарные и передвижные) в зоне города (техногенные факторы):

$$\sum_{k=1}^j \sum_{n=1}^n ИЗВ_i = \sum_{k=1}^j \sum_{n=1}^n M_{ИЗВ_i}$$

2 БЛОК. Дополнительные источники загрязняющих веществ, обусловленные следующими географическими, метеорологическими и климатическими условиями территории: расположение в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин, высота над уровнем моря, климат, продолжительность периода отрицательных температур, влагооборот, инверсия температуры воздуха, роза ветров, высотная и приземная атмосферная циркуляция воздуха внутри котловины (природные факторы):

$$\Delta \sum_{k=1}^N PУТ_i = \Delta M_{звочн} = f \sum_{k=1}^N [P_i U_i + \Phi(ind(\Delta))] + \sum_i^m JH + \sum_i^m \left(\frac{qcp_i}{n\partial k} \right)^{ci} = \sum_{j=1}^n f(cm_n) + K_p$$

3 БЛОК. Источники формирования потока удаления загрязняющих веществ в зоне действия i -го объекта, в том числе посредством применения комбинированного комплекса инженерной защиты – фитотехнологические скверы и парки (факторы снижения ЗВ):

$$\sum_{k=1}^j \sum_{n=1}^n УЗВ_i = \sum_{k=1}^j \sum_{n=1}^n M_{УЗВ_i} = f \sum_{k=1}^j \sum_{n=1}^n (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots \lambda_i)$$

Рис. 14. Блок схема источников формирования качества воздушной среды города в условиях межгорных котловин

В последующем по Методике 3 делаются расчёты удельного поглощения ЗВ листьями зелёных насаждений; требуемой площади озеленения; динамического давления при определённой скорости движения ветра.

Далее методом компьютерного моделирования из альтернативных вариантов выбирается оптимальный вариант сооружения биосферно-совместимых фито-парков и фито-скверов с учётом направлений движения воздушных масс (роза ветров) и рельефа местности (рис. 15).

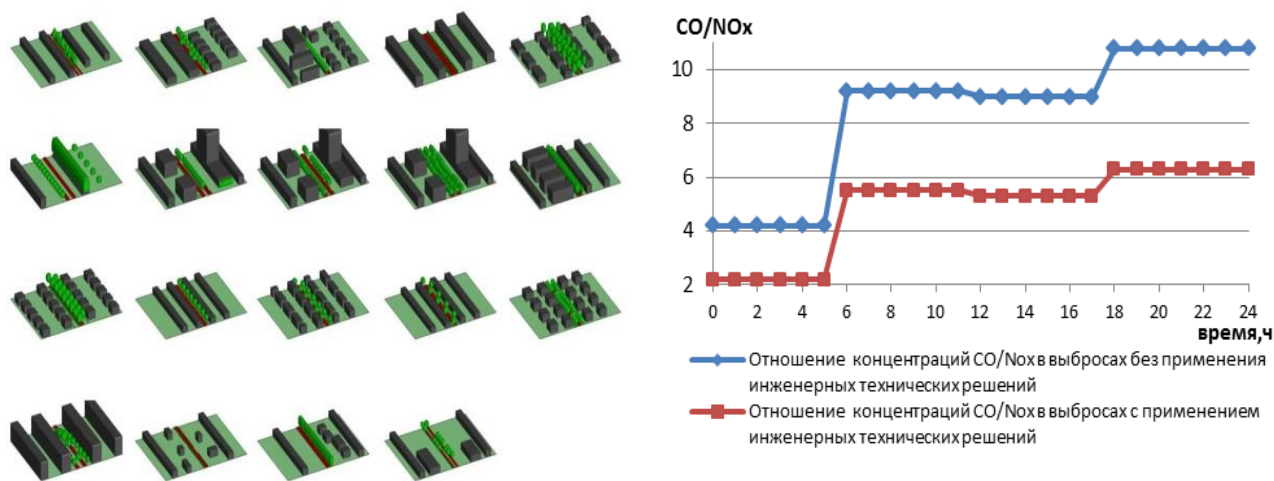


Рис. 15. Альтернативные варианты биосферно-совместимых фито-парков и фито-скверов и достигнутые результаты внедрения комбинированных инженерных защитных сооружений

Далее предполагается разработка метода управления качеством воздушной среды городов в условиях межгорных котловин, оценка текущей экологической безопасности и прогнозная оценка при реализации рационального выбора и размещения инженерных защитных сооружений.

Обеспечение экологической безопасности воздушной среды (ОЭБВС) в диссертационной работе рассматривается как деятельность по проведению комплекса мер научно-методического, инженерно-технического, образовательного, социального, эколого-экономического и иного характера, направленных на выявление эффективных мер улучшения экологической обстановки подконтрольных территорий и, в частности, атмосферного воздуха, как важного элемента экосистемы города.

Принципиальная схема управления (федеральный и региональный уровни) качеством воздушной среды городов, расположенных в геосистемах межгорных котловин, представлена на рис. 16.

Муниципальный уровень обеспечения экологической безопасности воздушной среды города, расположенного в условиях межгорных котловин (рис. 17).

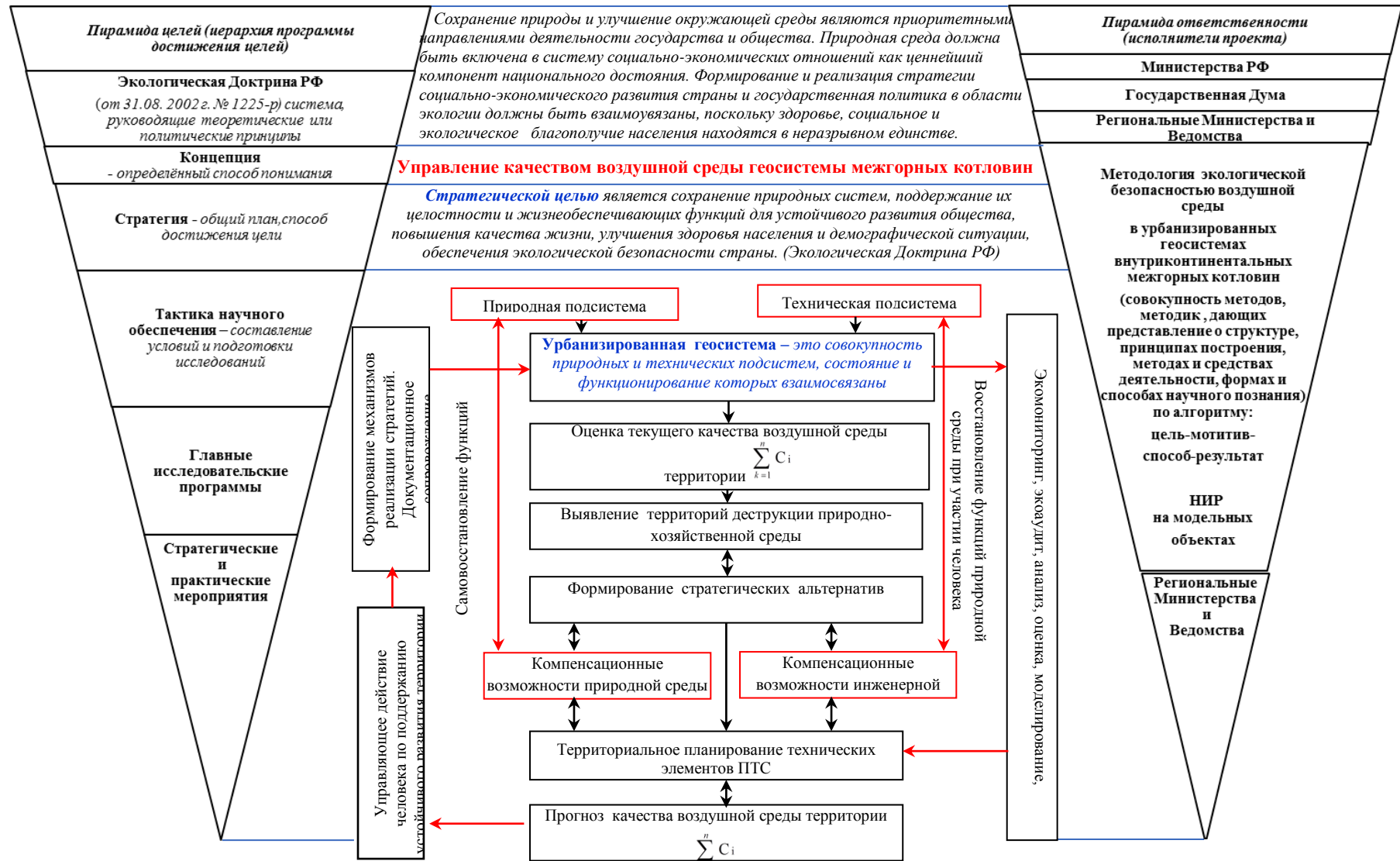


Рис. 16. Принципиальная схема управления (федеральный и региональный уровни) качеством воздушной среды городов, расположенных в условиях межгорных котловин

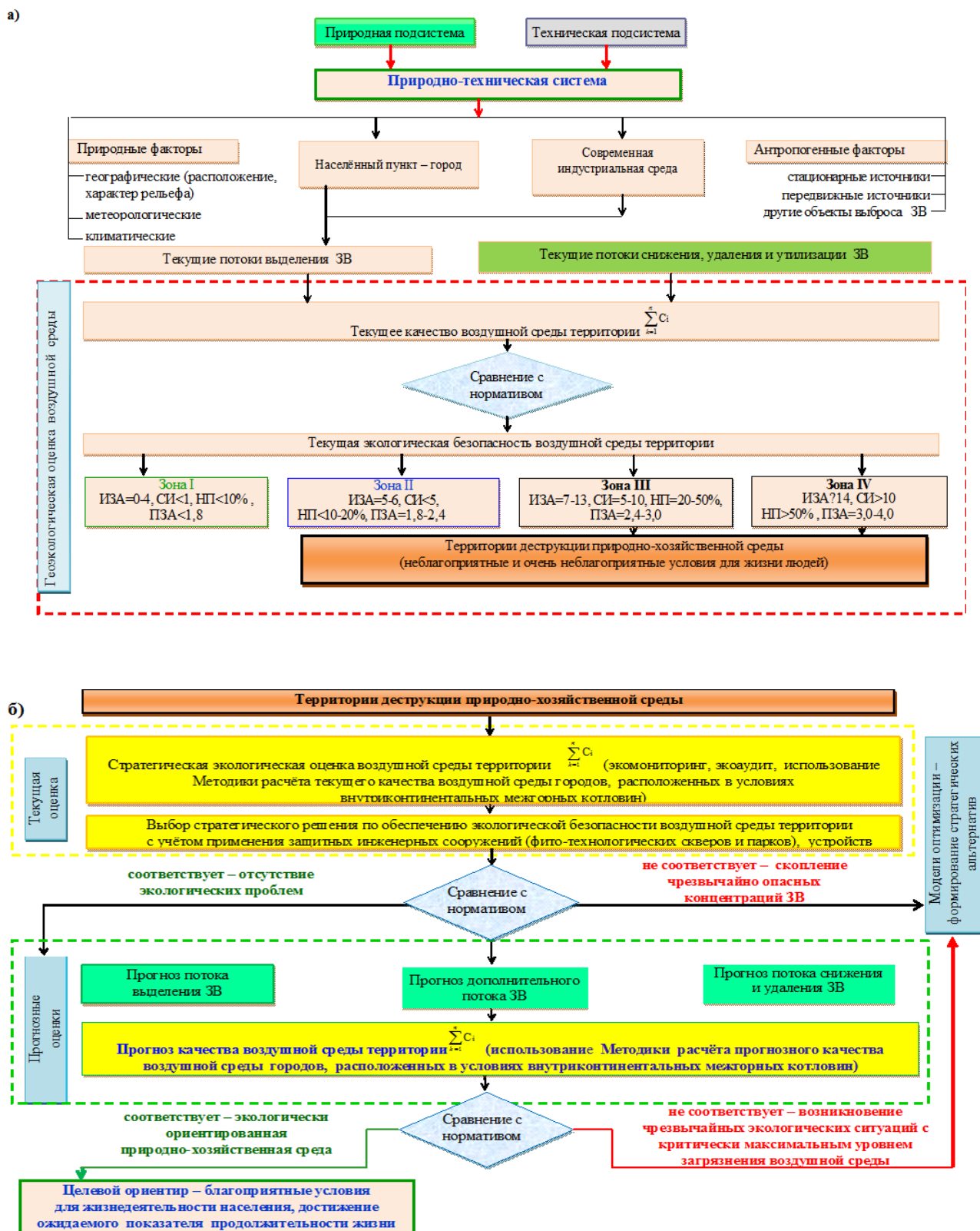


Рис. 17. Принципиальная схема обеспечения (муниципальный уровень) экологической безопасности воздушной среды города, расположенного в условиях межгорных котловин: а) оценка текущей экологической безопасности; б) экологическая оценка на основе прогноза с учётом рационального выбора и размещения инженерных защитных сооружений

Пятое защищаемое положение: *Комплекс мероприятий, основанный на оптимальном выборе и размещении инженерных защитных сооружений (фито-скверы и фито-парки) является одним из эффективных решений актуальной проблемы улучшения качества воздушной среды геосистем межгорных котловин - обосновывается следующими тезисами, развернутыми в соответствующей главе диссертации.*

Рациональный выбор мест и схем размещения инженерных защитных сооружений (Метод 2) «Выбор и оптимальное размещение инженерных защитных сооружений» с использованием Пат. РФ 2588543; Пат. 2490870 РФ осуществляется с целью приведения площади зелёных насаждений в соответствии с нормативными показателями.

В соответствии с нормативными документами (СНИП 2.07.01-89), площадь озеленения крупного города на одного человека должна составлять, 0,0016 га (16 м²). Согласно подсчётам, для всего населения Читы эта цифра должна достигать 541,41 га (5 млн 414,1 тыс. м²). По официальным данным Управления архитектуры, озелененная площадь Читы составляет 15597 га, территорий общего пользования – 263 га, т. е. на одного человека приходится 0,000765 га или 7,65 м².

Пункты натурных наблюдений, количество и площади инженерных защитных сооружений (рис.18 а) и места размещения, лесосеменное районирование (рис.18 б) Забайкальского края представлены на рис. 18. Предпочтение при сооружении фито - скверов и фито - парков в г. Чита и Петровск-Забайкальский отдано сосне обыкновенной, тополи и акации, что не требует адаптации данных видов к исследуемым условиям.

В связи с различиями в географическом распространении, экологическими особенностями и особенностями внутривидовой изменчивости древесных пород лесосеменное районирование проводится отдельно по видам.

Поэтому для реализации решений по сооружению фито - скверов и фито - парков в черте города, созданы благоприятные условия по наличию лесосеменной базы.

С учётом ореолов рассеяния ЗВ, общая площадь озеленения города должна составлять 768,6 га против 541,41 га по СНИП 2.07.01-89. Дефицит площади озеленения на территории г. Чита по нормативам градостроительства составил 278,41 га (48,58 %), а дефицит площади озеленения по ореолам рассеяния 418,85 га, что составляет 77,36 % от нормативного показателя.

Следовательно, для того, чтобы городские территории, размещенные в условиях межгорных котловин, соответствовали благоприятным условиям жизнедеятельности и санитарно-гигиеническим нормативам, следует учитывать площадь озеленения по ореолам рассеяния ЗВ, а не по нормам озеленения СНИП, приходящимся на одного человека.

Расчёты, выполненные по Методике 3, показали, что с учётом ореолов рассеяния бенз(а)пирена, для города необходима дополнительная общая площадь инженерных защитных сооружений, соответствующая 505,6 га. Следует построить 117 фито - скверов общей площадью 250 га и 15 фито -

парков общей территорией 255,6 га. По прогнозам это позволит снизить количество ЗВ в атмосферном воздухе на 20 - 30 % (в тёплое время года).

Комплекс мероприятий, разработанных автором, утверждён комитетом ЖКХ городского округа «Город Чита» (2015) и ООО «РегионАрхЦентр» (2015). Необходимые затраты по созданию инженерных защитных сооружений в г. Чита в 2015 г. составили 208427 тыс. р., экономическая эффективность внедрения оценивается приблизительно в 24000 р/1000 чел. городского населения. Запланировано систематическое снижение индекса физического объёма природоохранных расходов в течение 14 лет (2016 - 2030 г).

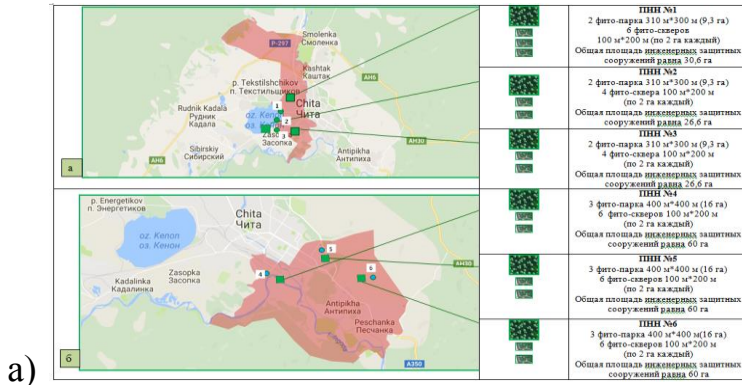
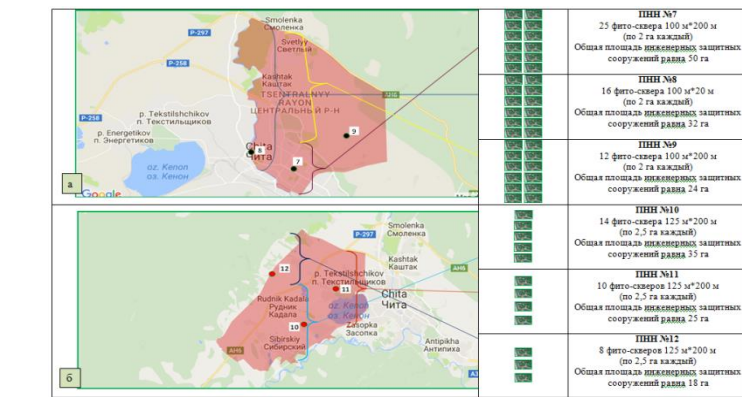
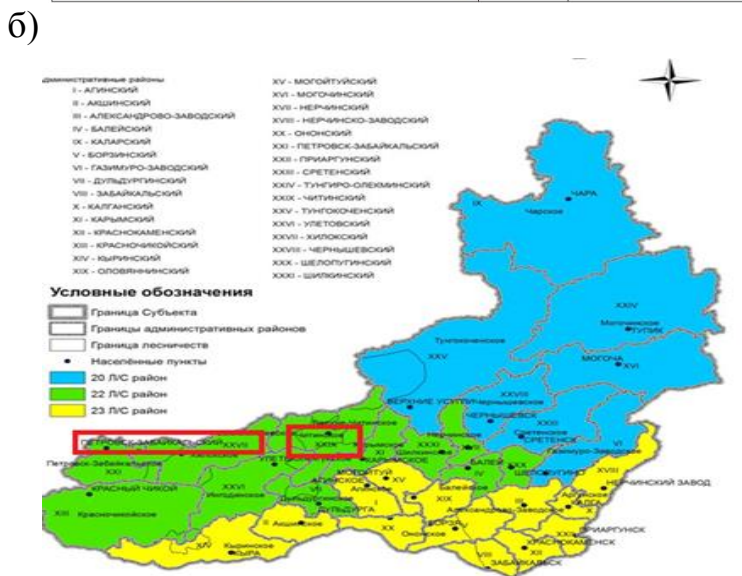


Рис. 18. Расположение пунктов натуральных наблюдений в г. Чита и лесосеменное районирование Забайкальского края



а) пункты натуральных наблюдений в г. Чита, количество и площади инженерных защитных сооружений



б) места размещения инженерных защитных сооружений, лесосеменное районирование Забайкальского края

Безопасность воздушной среды характерных объектов: Читино-Ингодинской (г. Чита) и Тугнуйской котловин (г. Петровск-Забайкальский) определяется прогнозом до 2030 года.

Прогнозные данные и экстраполяция по снижению концентрации ЗВ и заболеваемости населения г. Чита за период с 2015 по 2030 г.г. при использовании инженерных защитных сооружений, улучшающих качество воздушной среды геосистем межгорных котловин представлены на рис. 19.

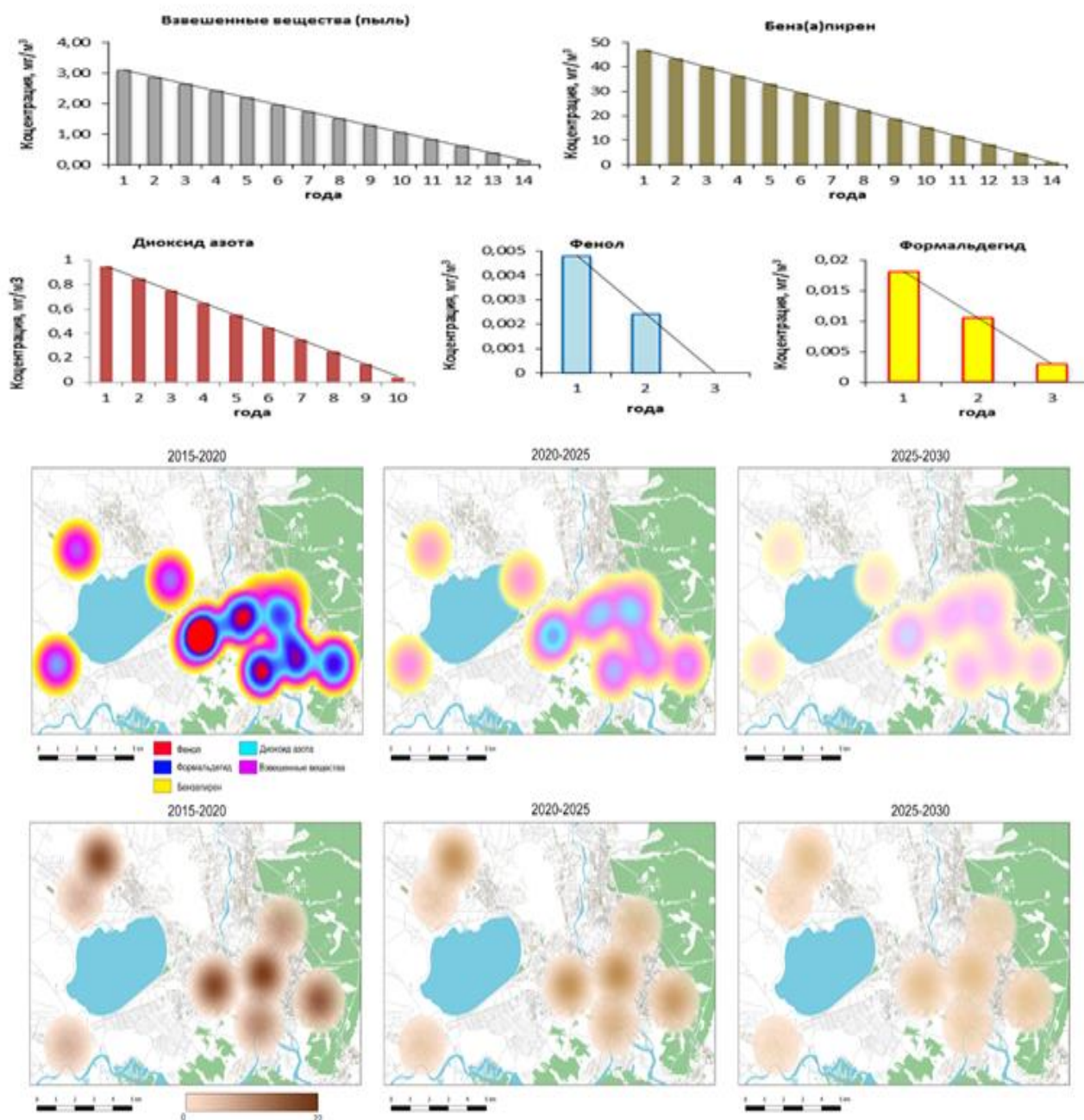


Рис. 19. Прогнозные данные и экстраполяция по снижению концентрации ЗВ и заболеваемости населения г. Чита за период с 2015 по 2030 г.г. при использовании инженерных защитных сооружений, улучшающих качество воздушной среды геосистем межгорных котловин

Динамика изменения показателей позитивных демографических перемен в РФ на период с 2017 г до 2030 г., % и улучшение качества воздушной среды на примере Сибирского ФО представлены на рис. 20,21.

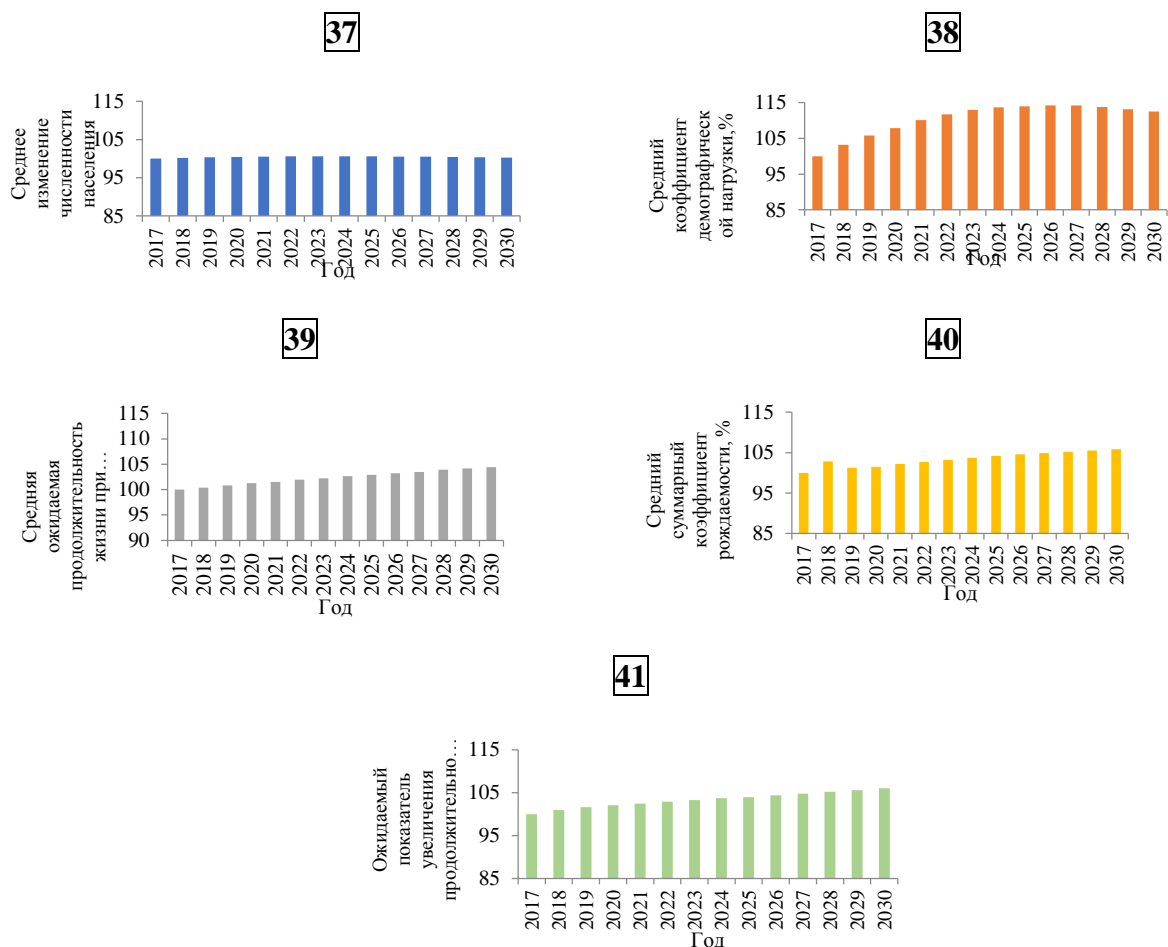


Рис. 20. Динамика изменения показателей индикатора позитивных демографических изменений в Российской Федерации в период с 2017 г. до 2030 г., %:

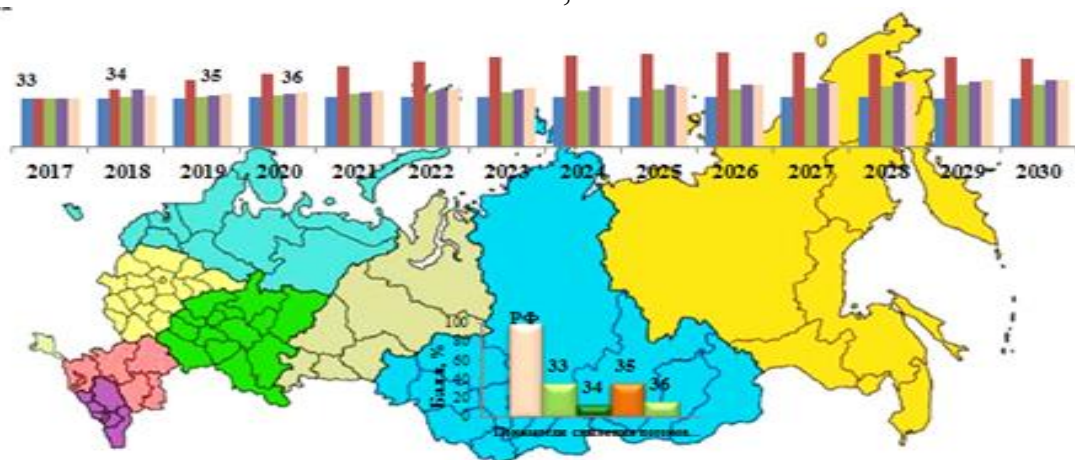


Рис. 21. Улучшение качества воздушной среды на примере Сибирского ФО на период с 2017 г до 2030 г., %

При условии успешной реализации вопросов инженерной защиты территорий, а также мероприятий, улучшающих качественные показатели атмосферного воздуха, можно к 2030 г. добиться постепенного снижения концентрации ЗВ до норм, соответствующих ПДК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложена разработка нового научного направления экодиагностики – атмоэкодиагностика, отражены теоретические положения характерные для урбанизированных геосистем межгорных котловин.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Научно обоснована необходимость развития и разработки методологических основ атмоэкодиагностики, включающих:

а) три методики: первая методика – атмоэкодиагностика геосистем межгорных котловин, состоящая из III этапов (I – геоэкологическая оценка качества воздушной среды городов Приоритетного списка; II – определение зависимости значений ИЗА атмосферы по бенз(а)пирену от высоты над уровнем моря; III – геоэкологическая оценка качества воздушной среды территорий федеральных округов РФ на основе индикаторов; вторая методика – расчёт интегрального критерия экологической безопасности воздушной среды и ранжирование условий для жизнедеятельности людей по степени благоприятности; третья методика – расчёт качества воздушной среды (текущее и прогнозное) городов, расположенных в условиях межгорных котловин с учётом применения инженерных защитных сооружений;

б) два метода: 1 – управление качеством воздушной среды геосистем межгорных котловин и обеспечение экологической безопасности; 2 – выбор и оптимальное размещение инженерных защитных сооружений.

2. Выявлена причинно-следственная связь между рельефом местности и показателями демографических потерь населения городов Приоритетного списка посредством проведения атмоэкодиагностики, осуществляемой на пятнадцати постах натуральных наблюдений, расположенных на различных высотных отметках, заселённых территорий Читинско-Ингодинской и Тугнуйской межгорных котловин забайкальского типа.

3. Определена степень экологической нагрузки федеральных округов РФ на основе данных, полученных при использовании показателей индикаторов: загрязнение воздушной среды, улучшение качества воздушной среды, позитивные демографические перемены.

4. Ранжированы по степени благоприятности (комфортные, умеренно комфортные, дискомфортные, экстремальные) условия для жизнедеятельности людей, проживающих на территориях, расположенных в условиях межгорных котловин.

5. Предложен метод управления качеством воздушной среды геосистем межгорных котловин и обеспечения экологической безопасности,

позволяющий снизить экологическую нагрузку, улучшить качество жизни населения проблемных территорий и приблизить их к общероссийским показателям средней продолжительности жизни.

6. Разработан и научно обоснован метод (комплекс мероприятий), основанный на оптимальном выборе и размещении инженерных защитных сооружений, (Пат. 2588543 РФ; Пат. 2490870 РФ).

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в разработке вариантов применения атмоэкодиагностики для других, проблемных в экологическом смысле, регионах РФ.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Щербатюк, А. П. Стратегия оптимизации управления экологической безопасностью воздушной среды городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин / А. П. Щербатюк // Экология урбанизированных территорий. 2018. № 1. С. 29 – 34.

2. Щербатюк, А. П. Повышение экологической безопасности воздушной среды городов, расположенных в условиях межгорных котловин: выбор оптимальных инженерных решений / А. П. Щербатюк // Проблемы региональной экологии. 2018. № 1. С. 11 – 16.

3. Щербатюк, А. П. Региональный аспект экологической безопасности воздушной среды городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин/ А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета 2018. № 2. С. 22 – 38.

4. Щербатюк, А. П. Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин / А. П. Щербатюк // Проблемы региональной экологии. 2017. № 4. С. 81 – 87.

5. Щербатюк, А. П. Методология оценки и прогнозирования локального загрязнения атмосферного воздуха городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин / А. П. Щербатюк // Экология урбанизированных территорий. 2017. № 3. С. 42– 48.

6. Щербатюк, А. П. Экологическая оценка качества атмосферного воздуха Сибирского федерального округа на примере Забайкальского края / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. Т 23. № 10. С. 38 – 45.

7. Щербатюк, А. П. Сравнительная оценка экологической безопасности воздушной среды федеральных округов Российской Федерации / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. № 9. С. 53 – 66.

8. Щербатюк, А. П. Интегральный комплекс защиты атмосферного воздуха городов котловинного расположения с малой атмосферной

циркуляцией в зимний период / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т 22. № 11. С. 52 – 64.

9. Щербатюк, А. П. Методика расчета снижения загрязнения атмосферного воздуха городов с неблагоприятными географическими условиями / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т 22. № 10. С. 41 – 54.

10. Щербатюк, А. П. Стратегия управления качеством атмосферного воздуха городов со сложным ландшафтом и неблагоприятными климатическими условиями/ А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т 22. № 9. С. 52 – 58.

11. Щербатюк, А. П. Влияние сложного ландшафта и климата на загрязнение атмосферного воздуха городов автомобильным транспортом: инженерная защита территорий и управление риском / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т 22. № 7. С. 25 – 33.

12. Щербатюк, А. П. Зависимости развития опасных техноприродных процессов в условиях сложного ландшафта: оценка опасности и риска/ А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т 22. № 5. С. 32 – 38.

13. Щербатюк, А. П. Снижение загрязнения атмосферного воздуха городов автомобильным транспортом в условиях сложного ландшафта и длительного холодного периода: аспекты методологии / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т 22. № 3. С. 26 – 33.

в рецензируемых журналах «SCOPUS» и «Web of Science»:

14. Щербатюк, А. П. Исследования природных факторов Забайкальского края, влияющих на качество воздушной среды города, расположенного в условиях внутриконтинентальной межгорной котловины (на примере Тугнуйской впадины) / А. П. Щербатюк // Юг России экология, развитие. 2019. Т 14 № 3. С. 25 – 36.

15. Щербатюк, А. П. Концепция обеспечения экологической безопасности воздушной среды городов в природно-технических системах горно-котловинного типа / А. П. Щербатюк // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 4. С. 24 – 30.

16. Shcherbatyuk, A. P. Regularities of the occurrence of geocological threats and geographic mechanisms of their implementation / A. P. Shcherbatyuk // Journal of Environmental Management and Tourism, 2019, 10(7), pp. 1583–1590.

17. Shcherbatyuk, A.P. Influence of powerful park zones on the state of atmospheric air in urbanized island type geosystems: Manhattan Central Park, New York, USA – A case in point // Asia Life Sciences, 2020, Supp22(2), pp. 329–342.

18. Shcherbatyuk, A.P. Study of the influence of large forest areas on the quality of the city's air environment (on the example of Barnaul, Russia) // Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 2021, 9(4), pp. 886–891.

в рецензируемых журналах «RSCI»:

19. Щербатюк, А. П. Метод инженерной защиты воздушной среды городов в природно-технических системах горно – котловинного типа (На примере г. Чита). / А. П. Щербатюк // Экологические системы и приборы. 2020. № 8 С. 56 – 62.

20. Щербатюк, А. П. Методика проведения атмоэкодиагностики в урбанизированных геосистемах внутриконтинентальных межгорных котловин (на примере Забайкалья) / А. П. Щербатюк // Экологические системы и приборы. 2020. № 9. С. 48 – 58.

21. Щербатюк, А. П. Внутриконтинентальные межгорные котловины как места размещения урбанизированных геосистем / А. П. Щербатюк // Экологические системы и приборы. 2021. № 4. С. 44 – 51.

монографии:

22. Щербатюк, Андрей Петрович. Защита атмосферного воздуха от загрязнения отработавшими газами автомобилей в регионах с резко континентальным климатом: монография / А. П. Щербатюк. – Чита: ЧитГУ, 2011. – 102 с.

свидетельства, патенты и другие виды интеллектуальной собственности, зарегистрированные в установленном порядке:

23. Щербатюк А. П. Способ защиты атмосферного воздуха городов, имеющих равнинное расположение, от загрязнения отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания автомобилей / Щербатюк А. П. // Патент РФ № 2588543 от 03.02. 2015 г., (заявка № 2015103585 гос. рег. 27.06.16 г.)

24. Щербатюк А. П. Способ защиты атмосферного воздуха городов, имеющих горно-котловинное расположение, от загрязнения отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания автомобилей / Щербатюк А. П. // Патент РФ № 2490870. (заявка № 2012113767/13 от 06.04.12 г., гос. рег. 27.08.13 г.)

Статьи, опубликованные в других научных журналах и изданиях:

25. Щербатюк, А. П. Location and impact of adjacent powerful woodlands on the air quality of russian cities with tze same comparative characteristics / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2022. Т 28, № 10. С. 33 – 37.

26. Щербатюк А. П. Экономическая эффективность природоохранных мероприятий городов, расположенных в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин и резко континентального климата / А. П. Щербатюк // Инновации и инвестиции. 2017. № 4.С. 161 – 165.

27. Щербатюк, А. П. Топливная экономичность и экологическая эффективность перевода автомобилей на газовое топливо / А. П. Щербатюк // Журнал автомобильных инженеров. 2015. № 6 (95). С. 22-24.

28. Щербатюк, А. П. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом с учетом особенностей циркуляции атмосферного воздуха в условиях котловинного ландшафта / А. П. Щербатюк // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2015. № 3 (42). С. 110-114.

29. Щербатюк, А. П. Влияние выбросов от автотранспорта на качество атмосферного воздуха городов России / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2014. № 5 (108). С. 59-64.

30. Щербатюк, А. П. Особенности защиты экосистем городов в условиях сложного ландшафта / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2013. № 5 (96). С. 93-99.

31. Щербатюк, А. П. Растения как индикаторы состояния урбанизированных экосистем / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2013. № 2 (93). С. 56-60.

32. Щербатюк, А. П. Защита атмосферного воздуха городов от загрязнения отработавшими газами автомобилей в летнее время в условиях сложного рельефа / А. П. Щербатюк // Вестник Забайкальского государственного университета. 2012. № 1 (80). С. 52-59.

33. Щербатюк, А. П. Экологическая эффективность перевода автомобилей на газовое топливо / А. П. Щербатюк, З. П. Оглы // Вестник Читинского государственного университета. 2008. № 5 (50). С. 127-133.

34. Щербатюк А.П. Экологическая нагрузка на геосистемы межгорных котловин при открытых угольных разработках (на примере Забайкалья) / А.П. Щербатюк // В сборнике: Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов. Материалы XX Международной научно-практической конференции. В 3-х частях. ФГБОУ ВО "Забайкальский государственный университет". 2020. С. 125-128.

35. Щербатюк, А. П. Влияние природных условий Забайкалья на урбанизированные экосистемы межгорных котловин при открытых угольных разработках (На примере разреза «Восточный») / А. П. Щербатюк // В сборнике: Безопасность 2020. сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции. Чита, 2020. С. 37-40.

36. Щербатюк, А. П. Методы исследования трансформации компонентов урбанизированной геосистемы в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин / А. П. Щербатюк // В сборнике: Безопасность-2021. Всероссийская научно-практическая конференция. Чита, 2021. С. 62-70.

37. Щербатюк, А. П. Эколого-медицинские эффекты региональных изменений климата в городах, расположенных в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин (на примере г. Чита) / А. П. Щербатюк // В сборнике: Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. 2019. С. 409-420.

38. Щербатюк, А. П. Снижение техногенных выбросов и восстановление воздушной среды городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин (На примере Забайкальского края и г. Чита) / А. П. Щербатюк // В сборнике: Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: технология, климат и экология. Материалы II-ой Байкальской международной научно-

практической конференции. Редактор Н.И. Янченко; Редакционная коллегия: Н.И. Янченко, Ю.С. Букин, М.А. Живетьев, В.Л. Аршинский, А.Н. Баранов. 2018. С. 190-196.

39. Щербатюк, А. П. Управление рисками опасных техноприродных процессов городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин / А. П. Щербатюк // В сборнике: Водные и экологические проблемы Сибири и центральной азии. Труды III Всероссийской научной конференции с международным участием (в четырех томах). 2017. С. 285-293.

40. Щербатюк, А. П. Экологическая безопасность воздушной среды территории в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин / А. П. Щербатюк // В сборнике: Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов. ФГБОУ ВО "Забайкальский государственный университет". 2017. С. 248-253.

41. Щербатюк, А. П. Система управления рисками техноприродных процессов городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин / А. П. Щербатюк // В сборнике: Техносферная безопасность байкальского региона. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2017. С. 100-107.

42. Щербатюк, А. П. Природные и антропогенные факторы геосистем России с котловинной территориальной организацией / А. П. Щербатюк // Успехи современной науки. 2017. Т. 9. № 3. С. 173-178.

43. Щербатюк, А. П. Комплексное снижение природно-антропогенной нагрузки на атмосферу города в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин / А. П. Щербатюк // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 7. № 4. С. 198-208.

44. Щербатюк, А. П. Обеспечение экологической безопасности в условиях сложного рельефа и длительного холодного периода / А. П. Щербатюк // В сборнике: Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов. сборник статей XV Международной научно-практической конференции: в 3 частях. ФГБОУ ВО "Забайкальский государственный университет". 2015. С. 358-363.

45. Щербатюк, А. П. Варианты инженерно-экологической защиты города в зависимости от ландшафта / А. П. Щербатюк // В сборнике: Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов. XIV Международная научно-практическая конференция: в 3 ч.. ФГБОУ ВО "Забайкальский государственный университет". 2014. С. 263-266.

46. Заслоновский, В. Н. Complex of engineering solutions in order to protect thi city under conditions of the complex landscape and prolonged cold period/ В. Н. Заслоновский, А. П. Щербатюк // В сборнике: Internationaler Kongress Fahmesse, euro–eco. – Hannover, 2013. P. 154.

47. Щербатюк, А. П. Зависимость экосистем городов от сложного ландшафта/ А. П. Щербатюк, В. Н. Заслоновский // В сборнике: Moderni vymozenosti vedy: Materialy mezinarodni vedecko-prakticka konference. – Praha: Education and Science, 2013. С. 9-18.

48. Щербатюк, А. П. Мониторинг урбанизированных экосистем городов растениями индикаторами / А. П. Щербатюк // В сборнике: Аспекты природопользования в Забайкалье: сборник научных трудов. Чита: ЗабГУ, 2013. Ч. 3. С. 48-55.

49. Щербатюк, А. П. Экосистема города в условиях сложного ландшафта и длительного холодного периода / А. П. Щербатюк // В сборнике: Экология и ресурсо - энергосберегающие технологии на промышленных предприятиях, в строительстве, на транспорте и в сельском хозяйстве: XIII Международная научно-практическая конференция. Пенза: ПенГУ, 2013. С. 59 - 62.

50. Shcherbatyuk, A. P. Protection of urban ecosystem with complex landscape from automobile transport the warm season / A. P. Shcherbatyuk // Journal of International Scientific Publications: Ecology & Safety. 2012. Vol. 6. P. 3.

51. Щербатюк, А. П. Способ снижения загрязнения атмосферного воздуха городов выбросами автомобильного транспорта в условиях сложного ландшафта с помощью зеленых насаждений / А. П. Щербатюк // В сборнике: Кулагинские чтения: XII Международная научно-практическая конференция. Чита: ФГБОУ ВО "Забайкальский государственный университет", 2012. Ч. 5. С. 136 - 138.

52. Щербатюк, А. П. Анализ загрязнения атмосферного воздуха городов отработавшими газами (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей, где концентрации примесей превышают предельно допустимую концентрацию (ПДК)/ А. П. Щербатюк // В сборнике: Кулагинские чтения: XI Международная научно-практическая конференция. Чита: ФГБОУ ВО "Забайкальский государственный университет", 2011. Ч. 3. С. 171 - 173.

53. Щербатюк, А. П. Анализ влияния рельефа местности и температурных инверсий на загрязнение атмосферного воздуха в городах, расположенных в регионах с резко континентальным климатом / А. П. Щербатюк // В сборнике: Приоритетные направления развития науки и технологий: VIII Всероссийская научно-практическая конференция. Тула: ТулГУ, 2010. С. 5-9.

54. Щербатюк, А. П. Зависимость индекса загрязнения атмосферного воздуха городов от высоты над уровнем моря в регионах с резко континентальным климатом и горно-котловинным расположением (на примере г. Чита) / А. П. Щербатюк // В сборнике: Кулагинские чтения: IX Всероссийская научно-практическая конференция. Чита: ФГБОУ ВПО «Читинский государственный университет», 2009. Ч. 1. С. 136-139.

55. Оглы, З. П. Загрязнение атмосферного воздуха г. Чита различными видами автотранспорта / З. П. Оглы, А. П. Щербатюк // В сборнике: Кулагинские чтения: VIII Всероссийская научно-практическая конференция. Чита: ФГБОУ ВПО «Читинский государственный университет», 2008. Ч. 3. С. 48-52.

56. Щербатюк, А. П. Способы снижения токсических выбросов автомобильного транспорта / А. П. Щербатюк // В сборнике: Кулагинские чтения: VIII Всероссийская научно-практическая конференция. Чита: ФГБОУ ВПО «Читинский государственный университет», 2008. Ч. 3. С. 61-65.

57. Щербатюк, А. П. Город Чита. От зимовья Петра Бекетова до крупной городской агломерации, с проблемами экологии / А. П. Щербатюк // В сборнике: Кулагинские чтения: VII Всероссийская научно-практическая конференция. конф. Чита: ФГБОУ ВПО «Читинский государственный университет», 2007. Ч. 5. С. 130-133.

58. Щербатюк, А. П. Автотранспорт в современных мегаполисах. Его влияние на экологию, здоровье людей на примере г. Чита / А. П. Щербатюк// В сборнике: Проблемы современной цивилизации: сборник статей. Иркутск: ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», 2006. С. 207-211.