

*На правах рукописи*



**Епринцев Сергей Александрович**

**ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА  
В ПРОМЫШЛЕННО-РАЗВИТОМ ГОРОДЕ  
(НА ПРИМЕРЕ Г. ВОРОНЕЖА)**

25 00 36 - геоэкология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук



Воронеж – 2007

Работа выполнена в Воронежском государственном университете

**Научный руководитель:** доктор географических наук,  
профессор **Куролап Семен Александрович**

**Официальные оппоненты:** доктор географических наук,  
профессор **Кочуров Борис Иванович;**  
доктор географических наук,  
доцент **Карлович Игорь Анатольевич**

**Ведущая организация:** Воронежский государственный  
педагогический университет

Защита состоится «12» октября 2007 г в 13-00 на заседании диссертационного совета Д212 038 17 при Воронежском государственном университете по адресу 394068 г Воронеж, ул Хользунова, 40, ауд 303

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежского государственного университета

Автореферат разослан «10» сентября 2007 г

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор географических наук, профессор



Куролап С А

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Современная урбанизация и все возрастающее техногенное «давление» на окружающую среду неизбежно приводят к возрастанию экологического риска для населения промышленных городов. В России и большинстве других развитых стран мира эта проблема особенно обострилась с середины XX века при высоких темпах развития промышленности, вследствие увеличения мощности предприятий теплоэнергетики, автотранспорта и т.д. На фоне возрастающего геохимического загрязнения среды обитания у населения многих крупных промышленных городов проявляются экологически обусловленные заболевания, что вызывает повышенное внимание исследователей к изучению механизмов формирования зон техногенного загрязнения и поиску эффективных путей оздоровления городской среды обитания.

Теоретические основы изучения данной проблемы обоснованы во многих классических трудах отечественных и зарубежных ученых по урбоэкологии, геохимии окружающей среды и медицинской географии (В.А. Алексеенко, 2003, Н.С. Касимов, А.И. Перельман с соавт., 1995, 1999, А.А. Келлер, 1998, Б.И. Кочуров, 1994, 2003, Б.Б. Прохоров, 1993, 1998, 1999, Б.А. Ревич с соавт., 2004, A. Learmonth, 1988, E. Perle, 1992). Проведенные региональные исследования по экодиагностике и картографированию кризисных геоэкологических ситуаций (А.М. Берлянт, 1999, С.М. Малхазова, В.С. Тикунов, 1993, В.С. Тикунов с соавт., 2004, А.М. Трофимов, М.В. Панасюк с соавт., 1984, 2004, Д.А. Иванов, 2004, Б.И. Кочуров, 2003, В.М. Чупахин, 2000, А.А. Ямашкин, 2001) показали эффективность применения геоинформационных технологий в оценке качества среды обитания и диагностике факторов риска.

Эти проблемы актуальны для многих городов Центральной России, в том числе и г. Воронежа – крупнейшего промышленного центра Черноземья. Город Воронеж имеет разветвленную промышленно-транспортную инфраструктуру, многочисленные источники техногенного загрязнения окружающей среды, сложную архитектурно-планировочную структуру городской застройки, что служит предпосылкой формирования зон экологического риска и, как следствие этого, – появления экологически обусловленных заболеваний населения. Город типичен для урбанизированных центров Европейской части страны, что позволяет на его примере вполне репрезентативно оценивать экологические риски для населения при воздействии факторов техногенного загрязнения.

На территории города Воронежа ранее выполнен ряд обзорных аналитических исследований по оценке качества городской среды, состояния урбоэкосистем и риска для здоровья населения (А.Я. Григорьевская, 2000, Х.А. Джувеликян, 1996, В.Н. Жердев с соавт., 2000, С.А. Куролап, Н.П. Мамчик с соавт., 1997, 2002, 2006, О.П. Негроров с соавт., 2000, В.М. Смольянинов с соавт., 1996, А.И. Федорова, А.Н. Никольская, 1997, В.И. Федотов, 1997, 2001, М.И. Чубирко с соавт., 2006, А.П. Щербаков, Н.А. Протасова, 1996). В то же время не проводилось комплексного геоэкологического зонирования территории города с использованием современных технологий ГИС-картографирования при исследо-

вании загрязнения природных сред и техногенных рисков для населения, а механизмы формирования зон экологического риска и их пространственное размещение остаются не вполне ясными, что и определяет актуальность данных исследований

**Целью настоящего исследования** является геоэкологическая оценка роли техногенных факторов в формировании зон эколого-геохимического загрязнения территории крупного промышленно-развитого города, а также зонирование внутригородского пространства по уровням экологического риска для населения. В качестве модельного урбанизированного региона выбран город Воронеж

В соответствии с поставленной целью решены следующие задачи

1 Проведено эколого-аналитическое обследование почв г Воронежа, в ходе которого изучено содержание в почве отдельных промышленно-загрязненных и «условно-чистых» микрорайонов города приоритетных загрязнителей – индикаторов экологического состояния городской среды (нефтепродуктов, валовых и подвижных форм тяжелых металлов)

2 Создана оригинальная автоматизированная база геоэкологических данных («Информационно-справочная система «Экогеохимия города Воронежа», зарегистрированная в НТЦ «Информрегистр» №0220611156 от 26.06.2006), обобщающая собственные эколого-геохимические исследования, а также материалы лабораторных исследований атмосферы и почвы за 10-летний период (1996 – 2005), предоставленные Центром гигиены и эпидемиологии в Воронежской области в рамках межведомственного сотрудничества

3 Создана электронная карта-основа г Воронежа (в среде MapInfo 7.8), содержащая 11 векторных слоев и специализированная тематическая геоинформационная система (ГИС) «Экогеохимия и техногенные риски города Воронежа» для задач геоэкологического картографирования и зонирования внутригородского пространства

4 Сформирован кадастр источников техногенного загрязнения городской среды – промышленных, транспортных предприятий и других объектов повышенного экологического риска

5 Исследованы механизмы формирования зон экогеохимического загрязнения городской среды на основании сопряженного анализа результатов эколого-аналитических, снегомерных и медико-географических исследований на территории города с применением методов многомерного статистического анализа и геоинформационных технологий

6 Проведена оценка «ответной реакции» населения на техногенное загрязнение городской среды и зонирование внутригородского пространства по уровням экологического риска для населения

7 Разработаны основные принципы организации эколого-геохимического мониторинга, оздоровления городской среды и снижения уровней экологического риска для населения г Воронежа

**Объект исследования** – окружающая среда, техногенная инфраструктура и здоровье населения города Воронежа. В качестве предмета исследования

выступает анализ причинно-следственных связей в системе «техногенная инфраструктура и загрязнение городской среды – здоровье населения» с картографическим отображением результатов на основе ГИС-технологий

В отличие от предшествующих экологических исследований, проведенных на территории г Воронежа, **научная новизна** работы определяется тем, что в ней применен новый оригинальный методический подход к картографированию уровней техногенного загрязнения, критериев общественного здоровья и экологических рисков на основе ГИС-технологий, обобщена структура и динамика техногенного загрязнения атмосферы и почвы города за 10-летний период (1996-2005), изучены различия в характере аэрогенного загрязнения в холодный и теплый периоды года с учетом рельефа, розы ветров и фактора аэрации городской застройки

Создана оригинальная геоинформационная система «Экогеохимия и техногенные риски г Воронежа» в которой интегрирована информация за 10-летний период о загрязнении природных сред в различных микрорайонах города, возможных источниках загрязнения, заболеваемости населения и уровней экологического риска для населения. На базе ГИС-технологий (в среде MapInfo и Surfer) создан электронный геоэкологический атлас г Воронежа

Осуществлен комплексный геоэкологический анализ, включающий исследование техногенного загрязнения природных сред (атмосферы, почвы) с выявлением их источников, оценку уровней индивидуального риска для здоровья населения при техногенном загрязнении атмосферы, картографирование городского пространства с отображением зон техногенного загрязнения и различных уровней экологического риска для населения

Обоснован комплекс приоритетных мер по оздоровлению городской среды и снижению экологического риска для населения г Воронежа

**Практическая значимость** работы определяется возможностью применения полученных результатов природоохранными службами и проектными организациями г Воронежа при проведении мероприятий по оздоровлению среды обитания и перспективной застройке в процессе реализации генерального плана города с целью снижения экологического риска для населения. Разработанные подходы к геоэкологическому картографированию ситуаций в урбанизированных регионах, кроме того, могут быть использованы природоохранными ведомствами при изучении условий и факторов формирования зон экологического риска для населения других промышленно-развитых городов

Эффективность исследований подтверждена актами внедрения результатов в практическую деятельность региональных природоохранных и проектных организаций (Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области, Воронежский филиал ОАО «ГипродорНИИ»). Результаты исследований используются в учебном процессе Воронежского государственного университета в преподавании курсов «Геоинформационные системы», «Экологическое проектирование и экспертиза», «Медико-экологический мониторинг» для студентов специальностей «природопользование» и «геоэкология»

**Апробация работы.** Результаты исследования доложены на 7-й между-

народной Пушкинской школе-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века» (Пушино, 2003), на международной школе «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (Новороссийск, 2003), на 8-й международной Пушкинской школе-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века» (Пушино, 2004), на XI международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2004» (Москва, 2004), на первой молодежной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей «География в меняющемся мире взгляд молодых ученых» (Санкт Петербург, 2005), на международной научно-практической конференции «Экология, окружающая среда и здоровье населения» (Курск, 2005), на XIII международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2006» (Москва, 2006), на всероссийской научно-технической конференции «Инженерные науки – защите окружающей среды» (Тула, 2006), на региональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях при техногенных катастрофах» (Воронеж, 2006), на II межрегиональной научно-практической конференции «Охрана окружающей среды на территории муниципальных образований» (Воронеж, 2006), на международной научной конференции «Геохимия биосферы», посвященной 90-летию А И Перельмана (Москва, 2006), на 7 Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов «Геологи 21 века» (Саратов, 2006), на седьмой международной научно-методической конференции «Информатика проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 2007)

**Публикации результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 24 научные работы, в том числе 1 работа – в ведущем рецензируемом издании, рекомендованном ВАК РФ

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1 Методический подход к созданию геоинформационной системы для оценки техногенного загрязнения и уровней экологического риска на территории промышленно-развитого города

2 Геоэкологическая оценка роли техногенных факторов, формирующих зоны экогеохимического загрязнения городской среды (в условиях г Воронежа)

3 Оценка воздействия техногенного загрязнения на население и принципы геоэкологического зонирования внутригородского пространства

4 Геоэкологические основы перспективного градостроительства и снижения экологического риска, обусловленного техногенным загрязнением городской среды

**Структура и объём работы** Диссертация изложена на 225 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, библиографического указателя, включающего 205 источников, в том числе 33 источника иностранной литературы, приложения на 16 страницах Диссертация в основном тексте иллюстрирована 19 таблицами и 49 рисунками

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** определяются актуальность, цели и задачи исследования, научная новизна, а также формулируются основные защищаемые положения

**В первой главе** «Геоэкологические основы оценки качества городской среды» проведен аналитический обзор теоретических источников литературы отечественных и зарубежных авторов, в ходе которого установлены современные подходы к эколого-геохимическому изучению и оценке состояния городской среды, методам оценки экологического риска для населения промышленных городов, подчеркивается важная роль геоинформационных систем как эффективного инструмента комплексной оценки состояния урбоэкосистем

**Во второй главе** «Методические принципы и этапы геоэкологических исследований урбанизированной территории» описаны применяемые методические подходы (эколого-аналитические, геоинформационно-картографические и математико-статистические), в том числе разработанный оригинальный методический подход к созданию геоинформационной системы для оценки техногенного загрязнения и уровней экологического риска на территории промышленно-развитого города, оценочно-аналитические методы с элементами многомерной классификации (кластерный анализ)

**В третьей главе** «Геоэкологическая оценка факторов, формирующих зоны техногенного загрязнения городской среды» на основе ГИС - картографирования проанализирована структура и динамика загрязнения атмосферы и почвенного покрова города за 10-летний период (1996 – 2005), выявлены и охарактеризованы участки геохимических аномалий, рассмотрены механизмы формирования экогеохимических полей с учетом рельефа, розы ветров, промышленно-транспортной инфраструктуры и фактора аэрации городской застройки

**В четвертой главе** «Оценка экологического риска и геоэкологическое зонирование территории г. Воронежа» установлены статистические связи между содержанием загрязняющих веществ в депонирующих средах и заболеваемостью детского и взрослого населения, а также рассчитаны уровни канцерогенного и неканцерогенного рисков в рецепторных точках города, послуживших основой комплексного геоэкологического зонирования территории города Воронежа по уровням экологического риска для населения

**В пятой главе** «Геоэкологические основы оптимизации городской среды и снижения экологического риска» обоснованы научные аспекты системы эколого-геохимического мониторинга городской среды на основе геоинформационных технологий и определены приоритетные задачи экологической политики города Воронежа, реализация которых позволит стабилизировать техногенное загрязнение среды обитания и обеспечить поэтапное снижение уровней экологического риска до допустимых значений

**В заключении и выводах** обобщаются результаты исследования.

**В приложении** приведены фрагменты экспериментально-аналитических, статистических и картографических авторских материалов по исследуемой проблеме

## ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### Методический подход к созданию геоинформационной системы для оценки техногенного загрязнения и уровней экологического риска на территории промышленно-развитого города

Для оценки и картографирования геоэкологических ситуаций на территории г. Воронежа создана оригинальная ГИС «Экогеохимия и техногенные риски г. Воронежа» (в среде MapInfo Professional, версия 7.8). В структуру ГИС входят следующие блоки: база данных, геоинформационное моделирование, диалоговая система, аналитический блок.

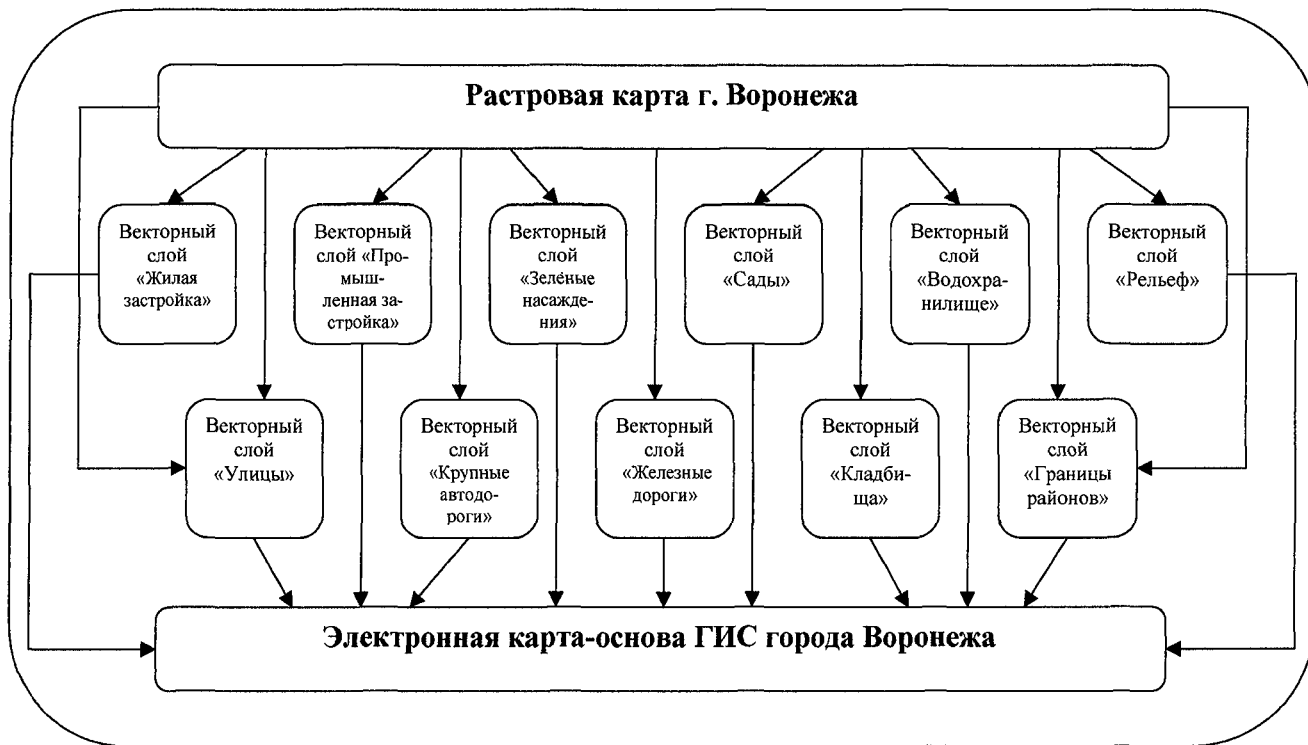
В созданную ГИС включены данные авторских эколого-геохимических исследований на территории города (нефтепродуктов и тяжелых металлов), а также данные многолетних исследований Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области по окружающей среде и здоровью населения (табл. 1).

Таблица 1

Содержание ГИС «Экогеохимия и техногенные риски г. Воронежа»  
(блок - «окружающая среда»)

Исследуемая среда	Собственные эколого-геохимические и снегомерные исследования	Данные Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области
Атмосфера	-	Содержание CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , формальдегида, пыли, HCl, HF, бензина и фенола за десятилетний период (1996-2005), частота отбора проб – около 200 точек ежегодно
Почвенный покров	1 Содержание нефтепродуктов в 55 точках отбора проб 2 Содержание валовых форм тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Mn, Ni) в 60 точках отбора проб на территории базового Железнодорожного района г. Воронежа <i>Период исследований – 2002-2006</i>	Содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов – Ni, Cu, Zn, Cr, Pb, Co, Cd (валовые и подвижные формы) за десятилетний период (1996-2005), объем почвенной съемки - более 200 точек отбора проб
Снег	Высота снежного покрова в 30 точках Железнодорожного района г. Воронежа, высота снежного покрова в 25 наиболее загрязненных точках г. Воронежа, высота снежного покрова в 20 наиболее «чистых» точках г. Воронежа <i>Период исследований – февраль 2005-2006</i>	-

В структуру электронной карты-основы ГИС входят 11 векторных слоев, отображенных на рис. 1



*Рис 1 Структура электронной карты-основы ГИС г. Воронежа*

Для построения карт геоэкологических ситуаций и состояния здоровья населения применен оригинальный формально-территориальный подход с наложением на карту города сетки-решетки площадью 1 км<sup>2</sup>, в узлах которой определены параметры исследуемых процессов с использованием методов автоматической интерполяции

### **Геоэкологическая оценка роли техногенных факторов, формирующих зоны экогеохимического загрязнения городской среды (в условиях г. Воронежа)**

Основными источниками техногенного загрязнения г. Воронежа являются автотранспорт (более 82 % вклада в загрязнение атмосферы города), предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2), нефтехимической и машиностроительной промышленности (ОАО «Воронежшина», ОАО «Воронежсинтезкаучук», АООТ «ВАСО») Структура и ореолы техногенного загрязнения атмосферы и почвы во многом сходны, образуя достаточно обширную зону «сплошного» рассредоточенного загрязнения с «очагами» высоких концентраций поллютантов в окружающей среде

Установлено, что «очаги» атмосферного загрязнения в теплый и холодный периоды года относительно стабильны за исследуемый 10-летний период, а наиболее сильное загрязнение атмосферы наблюдается на территории общественно-делового центра (на спуске от пр-та Революции к Чернавскому мосту и на перекрестке ул. Степана Разина – Манежная) и промышленного микрорайона «Машмет» юго-восточного левобережного сектора города. Высокая запыленность воздушного бассейна в условиях плотной городской застройки этих микрорайонов создает зону локального экологического риска (рис 2)

«Очаги» атмосферного загрязнения активизируются в теплый период года, причем в формировании зон техногенного загрязнения определенную «корректирующую роль» играют аэрационные факторы в условиях комбинированной городской застройки. Основные «аэродинамические коридоры», где снижается загрязнение среды, связаны с акваторией внутригородского водохранилища, а также с фрагментами низкоэтажной и коттеджной застройки юго-западного и левобережного секторов города. Более загрязненными являются микрорайоны, расположенные с подветренной стороны от промышленных зон и крупных автомагистралей при преобладающей «строчной» многоэтажной жилой застройке, выполняющей барьерную функцию на путях разноса поллютантов по воздуху

В холодный период года зоны повышенного загрязнения атмосферы в целом сужаются, сохраняя общую тенденцию с теплым периодом года, однако на некоторых участках индекс загрязнения атмосферы увеличивается по сравнению с теплым периодом года, что является следствием снижения пропускной способности автодорог в зимний период

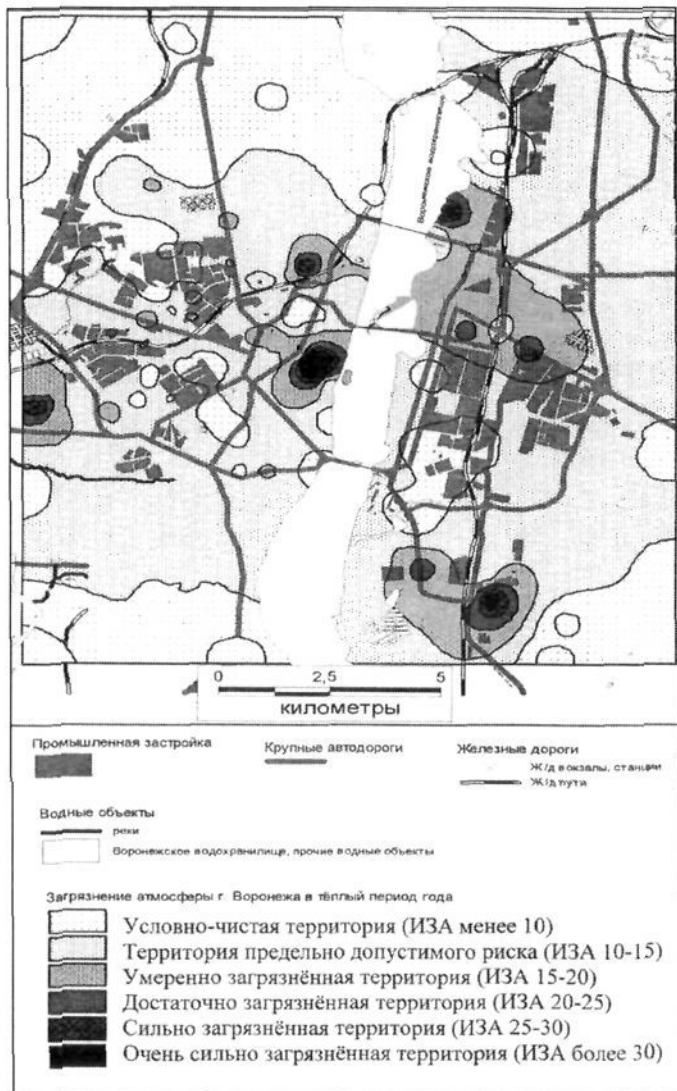


Рис. 2. Карта ИЗА на территории г. Воронежа в тёплый период года

Общий уровень загрязнения почвы нефтепродуктами и тяжелыми металлами умеренный с отдельными локальными «очагами» экстремально высокого загрязнения. Наиболее неблагоприятными по загрязнению тяжелыми металлами являются почвы в районе пересечения Задонского шоссе с окружной дорогой, перекрёсток Московского проспекта и проспекта Труда, а также террито-

рия, прилегающая к ГП «Воронежский механический завод» Большинство почвенно-геохимических аномалий расположены вдоль крупных автодорог города (вблизи улиц Ворошилова, Грамши, 9 Января, Ленинского проспекта)

Более «чистые» зоны города как по атмосферному, так и почвенному загрязнению отчетливо тяготеют к внепромышленным, «спальным» микрорайонам (микрорайоны «Северный» и «агроуниверситет»)

Установлено, что важное значение в формировании полей эколого-геохимического загрязнения городской среды имеют рельеф, градопланировочные факторы и аэрационный режим внутри городской застройки

Во впадинах концентрация загрязнителей атмосферы и особенно почвы, как правило, значительно выше, чем на возвышенностях Так, в районе ул Транспортная в недостаточно проветриваемой низине, сформировалась зона довольно высокого загрязнения атмосферы Склонный рельеф усугубляет сильное загрязнение атмосферы и почвы на спуске к Чернавскому мосту из центра города В то же время на большей части как правобережной, так и левобережной набережных Воронежского водохранилища и близлежащих прилегающих к ним микрорайонов, расположенных в «низком» секторе города, повышенного загрязнения атмосферы и почвы не обнаружено вследствие, видимо, хорошей аэрации данной приаквальной зоны

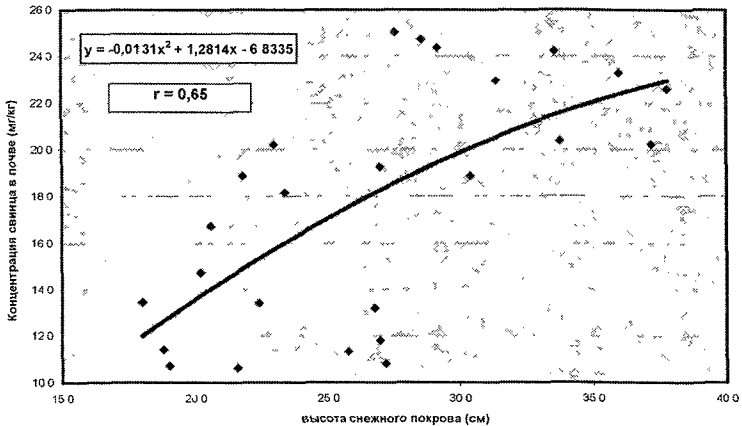
В целом, однако, загрязнение левобережного индустриального сектора города усиливает фактор рельефа и розы ветров, поскольку этот сектор является «приемником» отходящих выбросов правобережья при ослабляющей роли аквальной зоны водохранилища

По оригинальной методике нами проведен анализ направлений вихревых потоков, создающих своеобразные «аэродинамические коридоры» и зоны аккумуляции атмосферных загрязнений в городе В качестве одного из косвенных факторов – индикаторов аэрации в зимний период – служит анализ распределения снежного покрова по территории города Снег обладает высокой сорбционной способностью и осаждает из атмосферы на поверхность почвы значительную часть продуктов техногенеза

Установлено, что в локальных участках города с наибольшим наносом снега в зимний период могут осаждаться и аккумулироваться вредные вещества, приносимые с ветром и атмосферными осадками от промышленно-транспортных источников, а на участках с достаточной продуваемостью, где снег не накапливается, а высота снежного покрова ниже, уровни загрязнения почвы химическими веществами снижаются Прослеживается прямая достоверная корреляционная связь средней степени между высотой снежного покрова и содержанием ряда тяжелых металлов в почвенном покрове (Pb, Mn, Ni)

Наиболее надежным индикатором аэрогенного пути загрязнения городских почв служит свинец (рис 3) Причем, наблюдается сходная тенденция содержания в различных частях города загрязнителей, источниками которых являются выбросы автомобильных газов транспорта отмечена прямая корреляционная зависимость содержания свинца в почвенном покрове с содержанием нефтепродуктов в почвенном покрове, формальдегида и оксида серы (IV) в ат-

мосфере Наблюдается достоверная прямая корреляционная зависимость средней силы ( $r = 0,64$ ) между величинами суммарных индексов загрязнения атмосферы (ИЗА) и загрязнения почвы (СПЗ) тяжелыми металлами Данный факт говорит об аэрогенном пути загрязнения почвы, а также о том, что почвенное загрязнение - индикатор общего техногенного загрязнения городской среды



*Рис 3 Зависимость концентрации свинца в почве от высоты снежного покрова зимой*

Эти закономерности подтверждены в процессе кластерного анализа установлены два кластера сходства загрязняющих веществ 1) загрязнители почвенного покрова (СПЗ почвы, критерии загрязнения почвы медью, свинцом и цинком), 2) загрязнители атмосферы (ИЗА, критерии загрязнения атмосферы оксидом углерода (II), свинцом, пылью и формальдегидом) В наименьшей степени подчиняются общим закономерностям (связаны недостоверно с отмеченными кластерами) содержание нефтепродуктов в почве, а также – оксида серы (IV) и оксида азота (IV) в атмосфере

Видимо, сходство кластеров почвенного и атмосферного загрязнения по суммарным индексам, тяжелым металлам, прежде всего, свинцу, а также оксиду углерода, пыли и формальдегиду свидетельствует преимущественно о промышленно-транспортном источнике их накопления в городской среде, в то время как аккумуляция нефтепродуктов обусловлена преимущественно транспортным фактором, а окислы серы и азота (более летучие компоненты в воздухе) разносятся на значительные расстояния и аккумулируются не только под воздействием промышленно-транспортного фактора, но и с учетом аэрационных факторов в условиях комбинированной городской застройки

## **Оценка воздействия техногенного загрязнения на население и принципы геоэкологического зонирования внутригородского пространства**

Уровень «ответной реакции населения» на техногенное загрязнение городской среды достоверно проявляется в увеличении заболеваемости взрослого и особенно детского населения в техногенно-загрязненных микрорайонах

При детальном изучении состояния здоровья населения на территории города Воронежа установлено, что в разных микрорайонах города заболеваемость как детского, так и взрослого населения по различным классам болезней существенно колеблется. Так, практически по всем классам болезней наблюдается высокая заболеваемость взрослого и детского населения в центральной части города (за исключением болезней кожи и подкожной клетчатки) и в индустриальном секторе Левобережного района города Воронежа (за исключением инфекционных и паразитарных болезней детского населения). Относительно низкая заболеваемость детского и взрослого населения наблюдается в Северном жилом микрорайоне и в жилой застройке вблизи агроуниверситета.

В ходе корреляционного анализа установлено наличие ряда прямых средних и сильных корреляционных зависимостей между отдельными загрязняющими компонентами природных сред и критериями общественного здоровья. Всего проанализировано 608 корреляционных моделей, из них достоверны – 192, удельный вес которых составляет 32 % (табл. 2). Причем, количество достоверных зависимостей для детского населения более чем в 2 раза превышает количество таких зависимостей для взрослого населения, что подтверждает приоритетность учета заболеваемости детей как индикатора техногенного загрязнения среды в целом.

Более информативны показатели атмосферного загрязнения для холодного периода года, а более «чувствительны» к техногенному загрязнению мальчики, чем девочки (видимо, за счет более тесных контактов с окружающей средой в процессе дошкольного воспитания, игр вне помещений).

В целом наиболее существенными для детского населения можно отметить прямую зависимость между содержанием пыли в атмосфере города Воронежа и уровнем заболеваемости болезнями системы кровообращения ( $r=0,51$ ), а также болезнями костно-мышечной системы ( $r=0,50$ ). Для взрослого населения наиболее существенными являются зависимости содержания диоксида азота в атмосфере города Воронежа в холодный период года и величиной заболеваемости болезнями системы кровообращения ( $r=0,63$ ), болезнями органов пищеварения ( $r=0,63$ ), болезнями кожи и подкожной клетчатки ( $r=0,56$ ), прямые связи средней силы уровня заболеваемости болезнями костно-мышечной системы и содержанием пыли в атмосфере города в теплый ( $r=0,53$ ) и холодный ( $r=0,54$ ) периоды года.

Расчет канцерогенного и неканцерогенного рисков показал, что канцерогенный риск от присутствия загрязняющих веществ в атмосфере в целом соответствует предельно допустимому, не требующему экстренной профилактики.

Таблица 2

Количество достоверных корреляционных связей (средней и сильной степени) между загрязняющими веществами и критериями общественного здоровья населения г Воронежа

Природные среды	Исследуемые ингредиенты и суммарные индексы загрязнения	Взрослое население	Детское население
атмосфера, теплый период года	СО	-	3
	SO <sub>2</sub>	1	8
	NO <sub>2</sub>	1	1
	формальдегид	-	10
	пыль	7	11
	Pb	3	7
атмосфера, холодный период года	ИЗА	7	8
	СО	8	7
	SO <sub>2</sub>	3	7
	NO <sub>2</sub>	13	10
	формальдегид	2	12
	пыль	6	11
почва	Pb	-	8
	ИЗА	5	5
	нефтепродукты	1	6
	Cu	-	1
	Zn	5	6
	Pb	1	5
	СПЗ	-	3
Всего		63	129

Суммарный неканцерогенный риск возникновения хронических заболеваний (**НН**) местами вызывает опасение, а наиболее высокий – преимущественно в левобережной и некоторых микрорайонах центральной частей города в Железнодорожном районе, микрорайоне «Машмет» Левобережного района и в районе ул. Транспортная. Так, от 50 % до 70 % территории города постоянно расположены в зоне повышенного риска (выше допустимого) от присутствия формальдегида в атмосферном воздухе.

При проведении комплексного геоэкологического зонирования внутригородского пространства на территории г Воронежа отчетливо выделяются 5 зон экологического риска (рис 4) **зона низкого, допустимого экологического риска** (северная внепромышленная часть города), **зона удовлетворительного экологического риска, не вызывающего беспокойства** (большая окраинная часть территории вне промышленных зон), **зона экологического риска, вызывающего беспокойство** (локальные общественно-деловые центры правобережья и левобережья), **зона экологического риска, вызывающего опасение** (примыкающая к автомагистралям и промзонам), **зона опасного экологического риска** (крупные автомагистрали, санитарно-защитные зоны промышленных предприятий и прилегающие к ним участки)

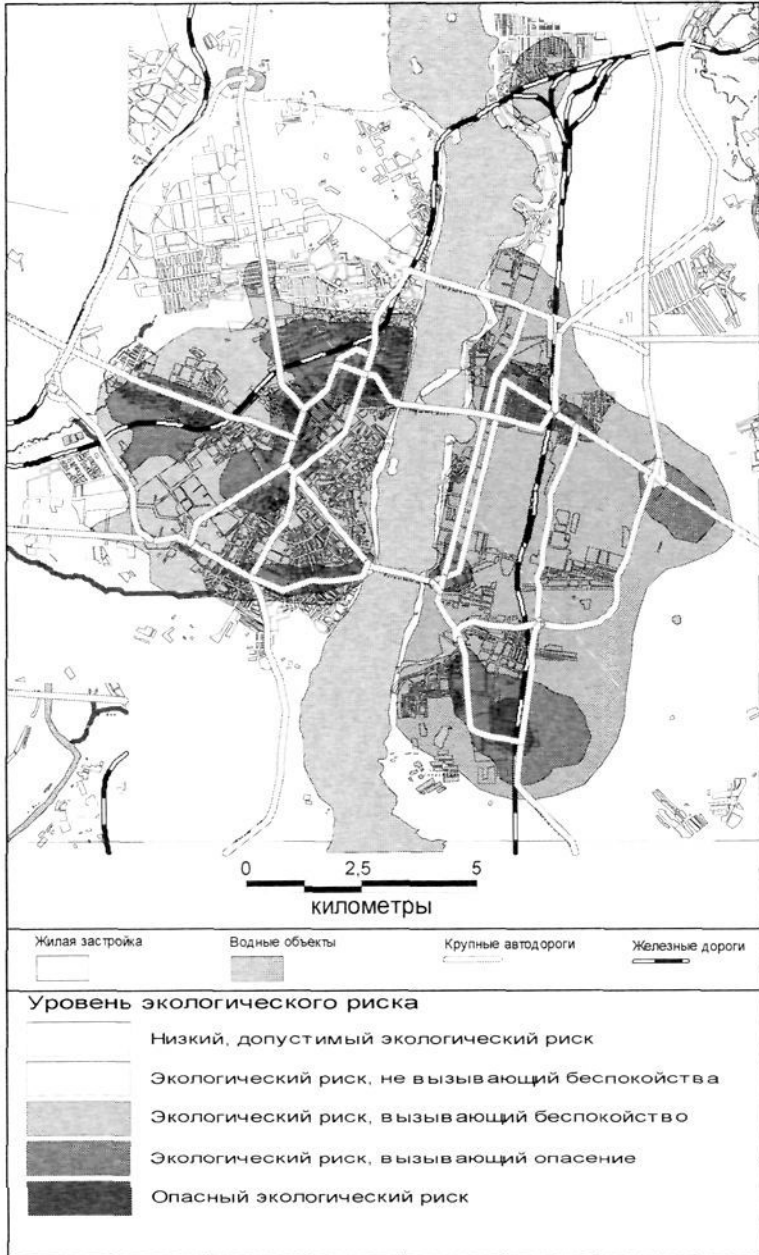


Рис. 4. Геоэкологическое зонирование внутригородского пространства

## **Геоэкологические основы перспективного градостроительства и снижения экологического риска, обусловленного техногенным загрязнением городской среды**

Анализ формирования зон экологического риска на территории города свидетельствует о целесообразности организации специального эколого-геохимического мониторинга на основе лабораторно-инструментальных и геоинформационных технологий. Структура разработанного нами эколого-геохимического мониторинга г. Воронежа, осуществляемого с помощью ГИС «Экогеохимия и техногенные риски г. Воронежа», представлена на рис. 5.

Предлагаемый эколого-геохимический мониторинг г. Воронежа должен функционировать на базе 3 основных блоков – сбора и первичного анализа экогеоданных (регулярный анализ содержания загрязняющих веществ в атмосфере, почве и питьевой воде по приоритетному перечню ингредиентов, расширенной сети экологических постов с последующей ГИС-визуализацией результатов), оценочно-аналитического (выяснение причинности формирования зон экологического риска и экологически-обусловленных заболеваний населения), проектно-планировочного (разработка плановых и внеочередных мероприятий по оздоровлению городской среды, а также корректировка дальнейших эколого-геохимических исследований).

Для снижения уровней экологического риска и оздоровления городской среды на территории г. Воронежа необходима целенаправленная городская экологическая политика, основными составными блоками которой могут быть:

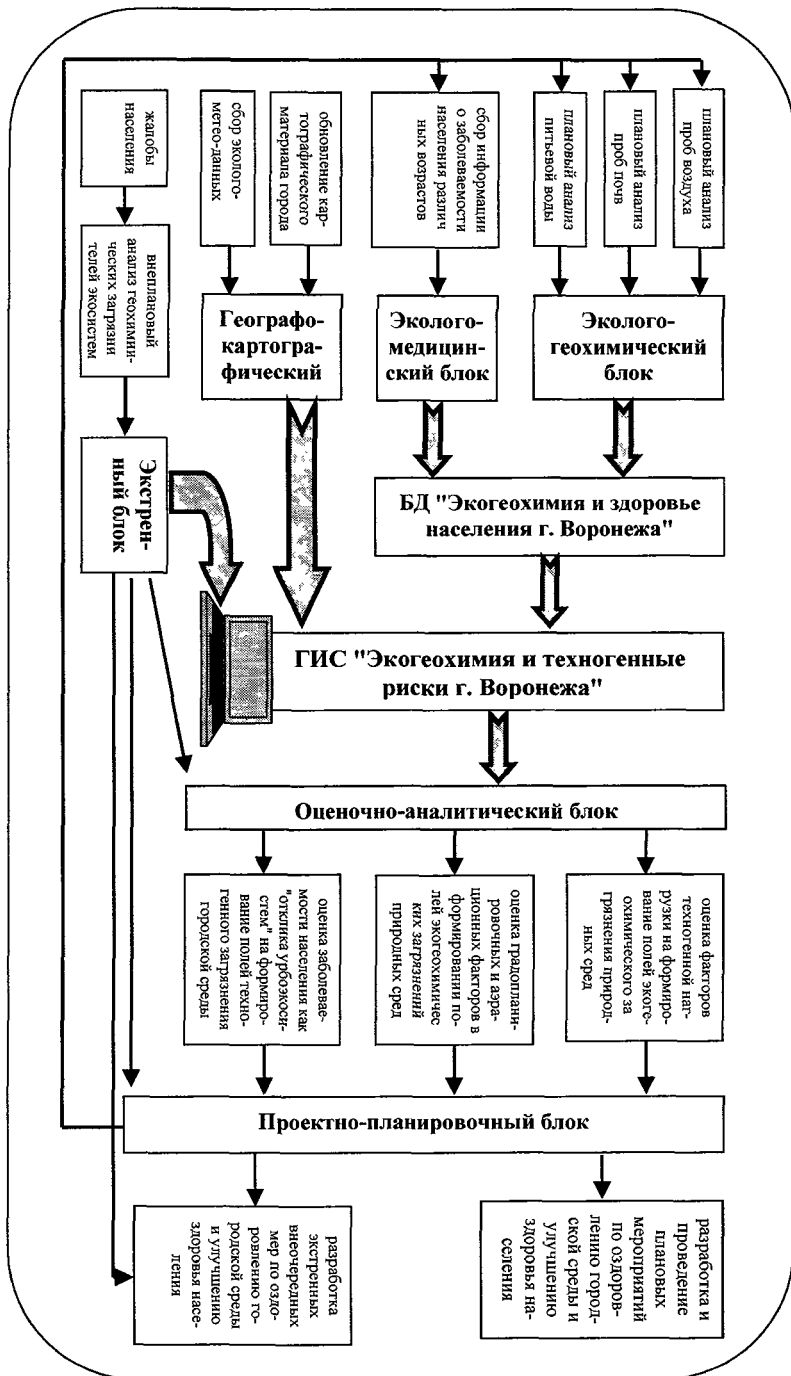
1) модернизация транспортных сетей города и пригородной зоны с увеличением их пропускной способности, качества дорожного покрытия, средней скорости движения транспортных средств на основе создания «транспортных коридоров» по направлениям от центра к окраинным микрорайонам, «обходных и дублирующих» трасс разнонаправленного движения,

2) контроль и нормирование выбросов в атмосферу от промышленных объектов, изменение топливного баланса в теплоэнергетической промышленности (снижение доли угля и мазута с переходом на газ в качестве топлива на ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, котельных ВГК «Тепловые сети»), благоустройство санитарно-защитных зон промышленных предприятий,

3) озеленение внутригородского пространства (санитарно-защитных зон промышленных предприятий, прилегающих к автодорогам микрорайонов, внутридворовых участков) с внедрением в состав посадок газоустойчивых зеленых насаждений липы мелколистной, тополя канадского, тополя черного, ясеня зеленого, можжевельника казацкого, туи западной, бирючины обыкновенной, кизильника блестящего и других видов, а также более широкое применение «вертикального озеленения» по опыту других крупных городов Европы, что позволит не только снизить загрязнение воздушного бассейна, но и уменьшить звуковой дискомфорт вблизи автомагистралей.

Предложенную систему оптимизационных мероприятий целесообразно учитывать в перспективной застройке территории г. Воронежа.

Рис 5 Схема эколого-геохимического мониторинга в Воронеже на основе ГИС технологий



## ВЫВОДЫ

1 Разработан методический подход к созданию тематической геоинформационной системы (ГИС) для обеспечения экогеохимического мониторинга и оценки техногенных рисков на территории урбанизированного региона, реализованный на примере крупнейшего промышленного центра Центрального Черноземья – города Воронежа. Созданная в среде MapInfo 7.8 ГИС включает 11 векторных слоев для визуализации эколого-функционально-планировочной инфраструктуры города и позволяет осуществлять геоэкологическое картографирование ореолов техногенного загрязнения атмосферы, почвенного покрова, критериев общественного здоровья, а также зон экологического риска для населения.

2 Осуществлен анализ динамики и структуры загрязнения воздушного бассейна города Воронежа за 10-летний период (1996 – 2005 гг.). Установлено, что наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносит автотранспорт (около 82 %), стационарные источники загрязнения (74 промышленных объекта, в том числе предприятия теплоэнергетики /ТЭЦ-1, ТЭЦ-2/, ОАО «Воронежсинтезкаучук», ОАО «Воронежшина», АО «Воронежсельмаш» и др.), формирующие зоны стабильного аэротехногенного, преимущественно углеводородного загрязнения. В холодный период усиливается загрязнение общественно-делового центра (в «островах тепла»), а в теплый период – окраинных индустриально-развитых микрорайонов и промышленных зон. Зоны максимального загрязнения атмосферы приурочены к подветренным, преимущественно северо-восточным секторам санитарно-защитных зон промышленно-транспортных объектов и прилегающих к ним жилых микрорайонов.

3 Исследована структура загрязнения почвенного покрова нефтепродуктами и тяжелыми металлами (Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Mn). Наибольшее загрязнение почвенного покрова наблюдается на участках концентрации локальных микропонижений рельефа, вблизи промышленно-транспортных систем левобережного сектора города и на плакоре центрального сектора, минимальное – в микрорайонах жилого сектора и «внепромышленных», спальных районов города (микрорайоны «Северный» и «Агроуниверситет»).

4 Изучены предпосылки и факторы формирования экогеохимических полей в условиях интенсивной техногенной нагрузки на городскую среду, в пространственном размещении которых проявляется эффект комбинированного воздействия на ореолы загрязнения розы ветров (в зимне-весенний период увеличивается повторяемость юго-восточных ветров, а в летне-осенний – северных и северо-западных, создающих аналогичные ореолы загрязнения на территории города), промышленно-транспортной инфраструктуры (приуроченность зон повышенного загрязнения к промышленным объектам экологического риска), архитектурно-планировочной структуры (концентрация ореолов загрязнения в микрорайонах с плотной и многоэтажной застройкой с минимальным уличным озеленением). Корреляция атмосферного и почвенного загрязнения по суммарным индексам загрязнения достигает средней степени ( $r = 0,64$ ),

что свидетельствует об аэрогенном механизме формирования полей почвенного загрязнения

5 На основе сопряженных экогеохимических, снегомерных и медико-статистических исследований выявлены «аэродинамические коридоры» на территории города, преимущественно субмеридиональной ориентации, обусловленные розой ветров, акваторией водохранилища, снижающей загрязнение, и этажностью застройки, где наблюдаются достоверные корреляции высоты снежного покрова, концентраций тяжелых металлов в почве (свинца, марганца, никеля) и заболеваемости детского населения. В зонах «ветровых переносов» отмечены локальные геохимические аномалии содержания тяжелых металлов. Наиболее информативным ландшафтным индикатором аккумулятивного процесса загрязнения почвы является свинец.

6 Установлено, что «ответная реакция» населения на техногенное загрязнение проявляется в достоверном увеличении заболеваний как взрослого, так и детского населения (особенно новообразований, болезней крови и кровеносных органов, органов дыхания). Наиболее сильные корреляции наблюдаются между заболеваемостью детского (мужского) населения и загрязнением атмосферы в холодный период года на фоне сезонного ухудшения эколого-климатических условий среды жизни городского населения.

7 Проведено зонирование территории города по уровням экологического риска для населения на основе сопряженного картографического анализа полей техногенного загрязнения, геохимических аномалий, уровней заболеваемости детского и взрослого населения. Выделены 5 градаций экологического риска для населения: 1) допустимого риска, не вызывающего беспокойства (северный внепромышленный сектор города), 2) удовлетворительного риска, требующего эпизодического контроля, 3) риска, вызывающего беспокойство, требующего непрерывного контроля, 4) риска, вызывающего опасение, требующего мер по снижению, 5) опасного риска, требующего мер экстренной профилактики и оздоровления (преимущественно промышленное левобережье города).

8 В условиях преимущественно аэрогенного механизма формирования зон техногенного загрязнения городской среды эффективным является эколого-геохимический мониторинг в зонах экологического риска. Внедрение предлагаемой системы оптимизационных мероприятий для оздоровления окружающей среды промышленно-развитого города ориентировано, прежде всего, на решение трех приоритетных задач (модернизацию автотранспортных сетей, контроль выбросов предприятий теплоэнергетики, озеленение внутригородского пространства), реализация которых позволит поэтапно снижать риск появления экологически обусловленных заболеваний среди населения города и обеспечить рациональное перспективное градостроительство.

*Список научных работ, опубликованных по теме диссертации*

1. Епринцев С. А. Эколого-гигиеническая оценка городской среды с использованием снегомерных наблюдений / С. А. Епринцев, С. А. Куролап, Ю. Н. Завьялова // Вестник Воронежского государственного университета: Серия География и Геоэкология. – Воронеж: Воронежский университет, 2006 - №1. – С. 34-38.
2. Епринцев С А Влияние ионов тяжелых металлов на продуктивность высших растений / С А Епринцев, А Ф Заводченков // Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов Межрегиональный сборник научных работ – Воронеж ВГУ, 2000 – Вып 2 – С 46-50
3. Епринцев С А Влияние ионов тяжелых металлов на рост и метаболизм растений / С А Епринцев // Проблемы регионального природопользования и методика преподавания естественных наук в средней школе Материалы II-й региональной научно-практической студенческой конференции – Воронеж ВГПУ, 2000 – С 71-73
4. Епринцев С А Изменение продуктивности основных физиологических процессов растений под воздействием солей свинца / С А Епринцев, А Я Григорьевская // Современные проблемы естествознания Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых – Владимир ВГПУ, 2001 – С 155-156
5. Епринцев С А Исследование физиологических процессов растений под воздействием солей тяжелых металлов / С А Епринцев // Материалы VI международной экологической студенческой конференции «Экология России и сопредельных территорий Экологический катализ» – Новосибирск, Новосибирский гос ун-т, 2001 – С 34-36
6. Епринцев С А Влияние ионов тяжелых металлов на рост и метаболизм растений / С А Епринцев, А Я Григорьевская // Молодая наука – XXI веку Тезисы докладов международной научной конференции Иваново, ИвГУ, 2001 – С 13
7. Епринцев С А Воздействие тяжелых металлов на природные объекты / С А Епринцев // Образование и мир в XXI веке материалы областной студенческой научно-практической конференции Воронеж Воронежский государственный профессионально-педагогический колледж, 2002 – С 45-46
8. Епринцев С А Влияние солей ртути на метаболизм растений / С А Епринцев // Рио+10 Экологическая безопасность как ключевой фактор устойчивого развития Сб докладов / Шестая международная конференция студентов и молодых ученых Москва, МГГУ, Смоленск, Ойкумена, 2002 Т 1 – С 123-125
9. Епринцев С А Тяжелые металлы – ингибиторы физиологических процессов растений / С А Епринцев // Биология – наука XXI века 6-я Пушкинская школа-конференция молодых ученых Сборник тезисов Тула, ТулГПУ им Л Н Толстого, 2002 – Т 2 С 55-56

10 Епринцев С А Изучение содержания тяжелых металлов в почве Железнодорожного района города Воронежа / С А Епринцев, С А Куролап // Биология – наука XXI века 7-ая Пушинская школа-конференция молодых ученых Сборник тезисов Серпухов, 2003 – С 406-407

11 Епринцев С А Оценка эколого-геохимической ситуации Железнодорожного района г Воронежа / С А Епринцев, С А Куролап // Тезисы международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» Новороссийск, 2003 – С 110-111

12 Епринцев С А Оценка влияния загрязнения тяжелыми металлами почв Железнодорожного района города Воронежа на детскую заболеваемость / С А Епринцев, С А Куролап // Биология – наука XXI века 8-я Международная Пушинская школа-конференция молодых ученых Сборник тезисов Пушино, 2004 – С 175

13 Епринцев С А Изучение воздействия факторов окружающей среды на детскую заболеваемость на примере Железнодорожного района г Воронежа / С А Епринцев // Сборник тезисов докладов по материалам XI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2004», секция Географии М, МГУ, 2004 – С 42

14 Епринцев С А Оценка зависимости детской заболеваемости от загрязнения почв тяжелыми металлами / С А Епринцев, С А Куролап, Н Т Барвitenко // Специализированная медицинская помощь Сб научно-практических работ Воронеж ВГТУ, 2004 - Вып VIII - Ч 1 - С 68-74

15 Епринцев С А Оценка зависимости детской заболеваемости от загрязнения почв тяжелыми металлами в Железнодорожном районе города Воронежа / С А Епринцев, С В Щербакова, Н Т Барвitenко и др // Медико-экологическая диагностика Сб науч ст / под ред В М Щербакова, С А Куролапа, Н Т Барвitenко – Воронеж Воронежский государственный университет, 2004 - С 55-59

16 Епринцев С А Оценка воздействия химического загрязнения почвы на заболеваемость детского населения промышленно-развитого города / С А Епринцев // Труды молодых ученых Выпуск 2 / под ред И И Борисова, А С Сидоркина, В Ф Селеменова и др - Воронеж Воронежский государственный университет, 2004 - С 67-73

17 Епринцев С А Изучение формирования экогеохимических полей с использованием снегомерных наблюдений на территории крупного промышленного города / С А Епринцев, С А Куролап, Н Т Барвitenко // Экология, окружающая среда и здоровье населения Центрального Черноземья Материалы международной научно-практической конференции В 2 частях Часть II – Курск КГМУ, 2005 - С 118-120

18 Епринцев С А Оценка загрязнения тяжелыми металлами и нефтепродуктами почвы города Воронежа с использованием ГИС технологий / С А Епринцев // Сборник тезисов докладов по материалам XIII международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2006»

Секция География – М Географический факультет, 2006 - С 38

19 Епринцев С А Мониторинг окружающей среды крупного города с использованием ГИС технологий (на примере г Воронежа) / С А Епринцев // Инженерные науки – защите окружающей среды Сборник трудов Всероссийской студенческой научно-технической школы-конференции – Тула Издательство ТулГУ, 2006 - С 47-50

20 Епринцев С А Оценка качества городской среды с использованием ГИС-технологий (на примере г Воронежа) / С А Епринцев, С А Куролап, О В Клепиков // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях при техногенных катастрофах Материалы научно-практической конференции – Воронеж Научная книга, 2006 – С 161-163

21 Куролап С А Эколого-гигиеническая оценка урбанизированной территории с использованием снегомерных наблюдений / С А Куролап, С А Епринцев, Н Т Барвitenко // Охрана окружающей среды на территории муниципальных образований Материалы межрегиональной научно-практической конференции, 30 мая 2006 года – Воронеж ООО «Кривичи», 2006 – С 270-275

22 Епринцев С А Эколого-геохимическое картографирование крупного промышленного центра (на примере города Воронежа) / С А Епринцев, С А Куролап // Геохимия биосферы Доклады Международной научной конференции Москва, 15-18 ноября 2006 г – Смоленск Ойкумена, 2006 – С 137-138

23 Епринцев С А Оценка содержания нефтепродуктов в почве города Воронежа с использованием ГИС технологий / С А Епринцев // Геологи 21 века материалы 7 Всероссийской науч конф студентов, аспирантов и молодых специалистов, г Саратов, 28-31 марта 2006 г – Саратов, 2006 – С 113-114

24 Епринцев С А Технология создания электронной карты-основы ГИС «Экогеохимия города Воронежа» / С А Епринцев, С А Куролап // Информатика проблемы, методология, технологии материалы седьмой международной научно-методической конференции (8-9 февраля 2007 г) – Воронеж Воронежский государственный университет, 2007 – С 118-121

***Работа №1 опубликована в ведущем рецензируемом издании, соответствующем перечню ВАК РФ.***

Подписано в печать 04 09 07 Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub> Усл печ л 1,4

Тираж 100 экз Заказ 1812

Отпечатано с готового оригинала-макета  
в типографии Издательско-полиграфического центра  
Воронежского государственного университета  
394000, Воронеж, ул Пушкинская, 3