

На правах рукописи

Виноградов Павел Михайлович

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА)**

25.00.36 - Геоэкология (науки о Земле)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Воронеж - 2015

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

- Научный руководитель:** доктор географических наук, профессор
Куролап Семен Александрович
- Официальные оппоненты:** **Лисецкий Федор Николаевич**
доктор географических наук, профессор;
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», профессор кафедры природопользования и земельного кадастра
- Межова Лидия Александровна**
кандидат географических наук, доцент;
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный педагогический университет», доцент кафедры географии и туризма
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Защита состоится «22» апреля 2015 г. в 13-30 на заседании диссертационного совета Д 212.038.17 при Воронежском государственном университете по адресу: 394068, г. Воронеж, ул. Хользунова, 40, ауд. 303.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Воронежского государственного университета <http://www.science.vsu.ru>.

Автореферат разослан «__» февраля 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор географических наук,
профессор



Куролап Семен Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В условиях современной урбанизации проблемы мониторинга и картографирования экологического состояния городской среды сохраняют высокую актуальность. Накопленный опыт исследований в области урбоэкологии, экогеохимии городских ландшафтов в сочетании с концепцией экологического риска показывает перспективность количественной оценки зависимостей «доза-эффект» для широкого спектра факторов, формирующих экологическую ситуацию и общественное здоровье крупных городов. Особое значение приобретает выработка научно обоснованных подходов к созданию систем геоэкологического мониторинга городской среды с применением геоинформационных технологий и тематического геоэкологического картографирования как важных инструментов территориального планирования и обеспечения устойчивого развития городской среды.

Степень разработанности проблемы. Теоретические подходы к изучению данной проблемы обоснованы во многих трудах отечественных и зарубежных ученых в области урбоэкологии, экогеохимии и мониторинга окружающей среды (Ю.А. Израэль, 1979; Э.Ю. Безуглая, 1986, 1991; В.М. Захаров, 1987, 2000; Н.С. Касимов, С.М. Малхазова с соавт., 1995, 2012, 2013; N. Melville, 2010 и др.), оценки экологического риска для здоровья населения (С.Л. Авалиани с соавт., 1996; Г.Г. Онищенко, 2005; Б.Б. Прохоров, 1995; Б.А. Ревич с соавт., 2004; R. Wilson, 1990 и др.), а также регионального геоинформационного картографирования (А.М. Берлянт, 1997; И.К. Лурье, 2008; В.С. Тикунов, А.В. Кошкарев, 1993, 1999 и др.).

Эти проблемы актуальны для многих крупных городов России, в том числе и Воронежа, где ранее выполнен ряд аналитических исследований по экологическому зонированию городской среды и оценке риска для здоровья населения от воздействия неблагоприятных экологических факторов (Х.А. Джувеликян, 1996; Н.П. Мамчик, С.А. Куролап, О.В. Клепиков, С.А. Епринцев с соавт., 2002, 2006, 2010; О.П. Негроров с соавт., 2000; М.И. Чубирко с соавт., 2004; А.Б. Якушев с соавт., 2013). Однако методологически эти исследования базировались на ведущих факторах экологического риска, в частности, аэрогенных, почвенно-геохимических, а аспект интегральной экологической оценки связей в системе «атмосфера - почва - биота - здоровье населения» оставался вне поля внимания. Не обоснован и подход к созданию систем мониторинга городской среды с применением современных геоинформационных технологий, что и определяет актуальность исследований в данном направлении.

Целью настоящей работы является разработка геоинформационно-аналитического комплекса для обеспечения геоэкологического мониторинга и интегральной оценки экологического состояния территории крупного промышленного центра. В качестве модельного города выбран Воронеж – крупнейший промышленно развитый город Центрального Черноземья с населением более 1 млн. человек.

Для достижения цели поставлены и решены следующие **задачи**:

1. Создана оригинальная геоинформационная система (ГИС в среде

MapInfo), интегрирующая базы данных о параметрах источников техногенного загрязнения, индикаторах состояния различных депонирующих и транзитных сред (воздух, снег, почва), биоиндикационных характеристиках, критериях состояния здоровья детского населения города Воронежа с их пространственной «привязкой» к территории города.

2. Разработан специализированный геоинформационно-аналитический комплекс для обеспечения геоэкологического мониторинга городской среды (ГИС, включающая базы медико-экологических данных, технологии электронного картографирования, программно-алгоритмическое обеспечение оценки риска для здоровья населения).

3. Разработана с применением геоинформационных технологий оригинальная методика оценки вклада промышленно-транспортной инфраструктуры в формирование качества городской среды.

4. Исследованы закономерности статистических связей в системе «источники техногенного воздействия - окружающая среда (атмосфера - снежный покров - почва) - биота - здоровье населения» на территории города Воронежа с обоснованием приоритетных индикаторов качества городской среды и их геоинформационным картографированием.

5. Проведена сопряженная экогеохимическая, биоиндикационная и медико-экологическая оценка функционально-планировочных зон города, послужившая основой интегральной оценки качества городской среды и оценки экологического риска для населения.

6. Разработаны принципы совершенствования геоэкологического мониторинга крупного промышленного центра на базе технологий геоинформационного картографирования и моделирования.

Объект исследования – состояние окружающей среды (воздушного бассейна, снежного покрова, почвы), биоты (древесных растений) и здоровья детского населения города Воронежа. В качестве **предмета исследования** выступает анализ причинно-следственных связей в системе «источники техногенного загрязнения - окружающая среда (атмосфера - снежный покров - почва) - биота - здоровье населения» в условиях интенсивного техногенного воздействия на городскую среду и обоснование системы геоэкологического мониторинга городской среды с применением геоинформационных технологий.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- разработан оригинальный геоинформационно-аналитический комплекс для обеспечения геоэкологического мониторинга города Воронежа (ГИС, включающая базы экогеохимических, биоиндикационных и медико-экологических данных, технологии электронного картографирования, программно-алгоритмическое обеспечение оценки риска для здоровья населения);

- создан автоматизированный реестр источников загрязнения воздушного бассейна (351 промышленных объектов и транспортных сооружений города Воронежа) с характеристикой параметров их воздействия на окружающую среду и пространственной «привязкой» к территории города;

- разработана с применением геоинформационных технологий оригинальная методика оценки вклада промышленно-транспортной инфраструктуры в формирование медико-экологической напряженности и комфортности городской среды (на основе сопряженного математико-статистического моделирования и геоинформационного картографирования);

- исследованы закономерности статистических связей в системе «источники техногенного загрязнения - окружающая среда (атмосфера - снежный покров - почва) - биота (древесные растения) - здоровье населения» на территории города Воронежа с выделением приоритетных индикаторов качества городской среды и их геоинформационным картографированием, а также проанализирована сезонная динамика концентраций загрязнения воздушного бассейна в зависимости от состояния атмосферы (конвекция, изотермия, инверсия) и функционально-планировочной структуры города;

- проведена сопряженная экогеохимическая, биоиндикационная и медико-экологическая оценка функционально-планировочных зон и территорий обслуживания детских поликлиник, послужившая основой интегральной оценки экологического состояния среды обитания города Воронежа.

Практическая значимость работы определяется возможностью применения полученных результатов природоохранными службами и проектными организациями г.Воронежа и других крупных промышленных центров при организации мероприятий по совершенствованию системы экологического мониторинга городской среды и оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. Эффективность подтверждена актами внедрения результатов исследований в практическую деятельность региональных природоохранных ведомств (Управление Росприроднадзора по Воронежской области, Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области). Результаты исследований используются в учебном процессе Воронежского государственного университета в преподавании курсов «Экология человека», «ГИС в экологии и природопользовании», «Автоматизированный экологический мониторинг» для студентов направления «022000 - Экология и природопользование».

Методология и методы исследования. Методология исследования экологического состояния городской среды и создания системы регионального геоэкологического мониторинга с применением информационных технологий базируется, прежде всего, на трудах ведущих отечественных и зарубежных ученых в области мониторинга, экогеохимии и биоиндикации городских ландшафтов, оценки экологического риска для здоровья населения, а также технологий геоинформационного картографирования. В работе применялись методы экогеохимических, биоиндикационных, геоинформационных исследований, оценки экологического риска для здоровья населения. Интегрирующим инструментом для комплексной оценки и картографирования экологической ситуации при обеспечении системы городского геоэкологического мониторинга служат методы вероятностно-статистического анализа в MS EXCEL и STADIA, а

также геоинформационно-аналитические технологии (картографирование – в среде MapInfo Professional, программирование – в среде MapBasic).

Достоверность результатов исследований обеспечена использованием значительного объема репрезентативных данных, отобранных в соответствии с действующими государственными и отраслевыми стандартами, применением современных эколого-аналитических, статистических и геоинформационных методов обработки и анализа исходного материала, а также согласованностью с результатами, полученными в натурных исследованиях и в модельных аналитических расчетах.

Положения, выносимые на защиту

1. Научно-методические принципы создания геоинформационно-аналитического комплекса для интегральной оценки и мониторинга состояния городской среды (на примере города Воронежа).

2. Методический подход и результаты комплексной оценки вклада источников техногенного загрязнения в формирование качества городской среды и экологического риска для населения на основе математико-статистического моделирования и геоинформационного картографирования.

3. Интегральная оценка и картографирование экологического состояния городской среды на основе сопряженной оценки статистических связей в системе «источники техногенного загрязнения - окружающая среда - биота - здоровье населения» с учетом функционально-планировочной структуры города.

Апробация работы. Результаты исследования доложены на V всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационное картографирование в регионах России» (Воронеж, 2013); V международной научной конференции «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах» (Белгород, 2013); всероссийской научно-практической конференции «Антропогенная трансформация геопространства: история и современность» (Волгоград, 2014); всероссийской научной интернет-конференции с международным участием «Геодезия, картография и маркшейдерия» (Казань, 2014); межвузовской научно-практической конференции «Наука и образование: актуальные вопросы, тенденции развития. Перспективы и направления развития сложных технических систем, средств их обеспечения и управления» (Воронеж, 2014); VI всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационное картографирование в регионах России» (Воронеж, 2014). Отдельные результаты исследований реализованы в ходе выполнения совместного грантового проекта РГО-РФФИ (№13-05-41401) «Интегральная оценка и картографирование экологического состояния территории крупного промышленного центра (на примере города Воронежа)».

Публикации результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, в том числе 3 работы – в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 205 страницах

машинописного текста и состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка, включающего 198 источников, в том числе 17 источников иностранной литературы. Диссертация в основном тексте иллюстрирована 35 таблицами и 40 рисунками.

Автор выражает искреннюю благодарность за методическую помощь в сборе и обработке фактического материала при выполнении работы д.г.н., профессору С.А. Куролапу; д.б.н., профессору О.В. Клепикову; к.г.н., доценту Л.М. Акимову; к.х.н., доценту Т.И. Прожориной; к.г.н., доценту М.А. Клевцовой.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности проблемы, определены цель и задачи исследования, научная новизна и практическая ценность, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава «Теоретические основы создания систем геоэкологического мониторинга крупных промышленных центров» содержит анализ источников литературы по проблемам геоэкологического мониторинга урбанизированных территорий, раскрывает подходы к интегральной оценке и картографированию состояния городской среды.

Во второй главе «Методические основы создания геоинформационно-аналитического комплекса для интегральной оценки и мониторинга экологического состояния городской среды» описаны применяемые методические подходы (эколого-аналитические, вероятностно-статистические и геоинформационные технологии), в том числе разработанный методический подход к оценке вклада промышленно-транспортной инфраструктуры в формирование качества городской среды и алгоритмы оценки экологических рисков.

Третья глава «Закономерности формирования зон техногенного загрязнения городской среды» посвящена описанию ландшафтно-экологических условий, функционально-планировочной организации и характеристике источников техногенного загрязнения города Воронежа, а также закономерностям формирования полей геохимического загрязнения при различных метеорологических условиях и промышленно-транспортном воздействии на среду обитания.

В четвертой главе «Закономерности формирования зон экологического риска по биотическим, медико-экологическим критериям и мониторинг качества городской среды на базе ГИС-технологий» представлен анализ результатов биоиндикационных исследований, оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих городскую среду; показаны различные методы интегральной экологической оценки, а также направления совершенствования систем городского геоэкологического мониторинга с применением ГИС-технологий.

В заключении обобщаются полученные закономерности и формулируются основные выводы по результатам исследования. **В приложении** приведен реестр промышленных и транспортных вкладчиков в загрязнение атмосферы г.Воронежа, а также некоторые статистические и картографические материалы.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Научно-методические принципы создания геоинформационно-аналитического комплекса для интегральной оценки и мониторинга состояния городской среды (на примере города Воронежа)

Разработан автоматизированный комплекс для обеспечения мониторинга окружающей среды территории города Воронежа («ЭКОГИС г.Воронежа»), включающий подсистему хранения экогеоданных, системно структурированную по диагностическим критериям качества городской среды (источники техногенного воздействия на среду обитания – промышленные и транспортные объекты; состояние воздушного бассейна, снежного и почвенного покрова (концентрации загрязняющих веществ); состояние биоты (древесных растений, реагирующих на загрязнение атмосферы и почвы: березы повислой и тополя пирамидального); состояние здоровья детского населения (число случаев заболеваний по основным классам болезней). Базовым временным сроком для оценки качества городской среды выбран современный 5-летний период (2009-2013гг.). В качестве операционных территориальных единиц (ОТЕ) выбраны три уровня генерализации информации: 1) функционально-планировочные зоны города (6 зон и фон); 2) районы обслуживания детских поликлиник города (12 территорий); 3) специальные пункты мониторинга состояния городской среды (75 пунктов, относительно равномерно охватывающих городское пространство, включающих стационарные и передвижные посты контроля воздуха системы гидрометслужбы, санитарно-эпидемиологической службы региона, а также дополнительные точки, определенные автором самостоятельно). Все уровни генерализации данных реализованы в модели цифровой карты города.

Исходные данные для создания «ЭКОГИС г.Воронежа» получены в ходе натурных экспериментальных исследований автора а также предоставлены региональными природоохранными и мониторинговыми ведомствами города. Структура созданной ГИС показана на рис.1. Созданный ГИС-комплекс – основа автоматизированного рабочего места эколога-практика, объединяющего в единое целое информационную, аналитическую и управленческую задачи единой системы городского геоэкологического мониторинга.

Все объекты цифровой карты г.Воронежа дифференцированы на шесть основных тематических слоев: 1) растительность (внутригородские и пригородные зеленые массивы, парки, скверы, формирующие «зеленый каркас» городской агломерации); 2) гидрография (Воронежское водохранилище, постоянные и временные водотоки); 3) жилые кварталы города (кварталы жилой городской застройки, разбитые на 3 функциональные подзоны: а) центральная историческая часть города, включая разноэтажную общественно-деловую застройку и «старую» 5-ти-этажную застройку 50-х – 70-х гг. прошлого столетия; б) кварталы с современной многоэтажной застройкой в основном от 9 этажей и выше периода 80-х гг. прошлого – начала нынешнего столетия; в) «частный сектор»: преимущественно низкоэтажная и коттеджная жилая застройка);

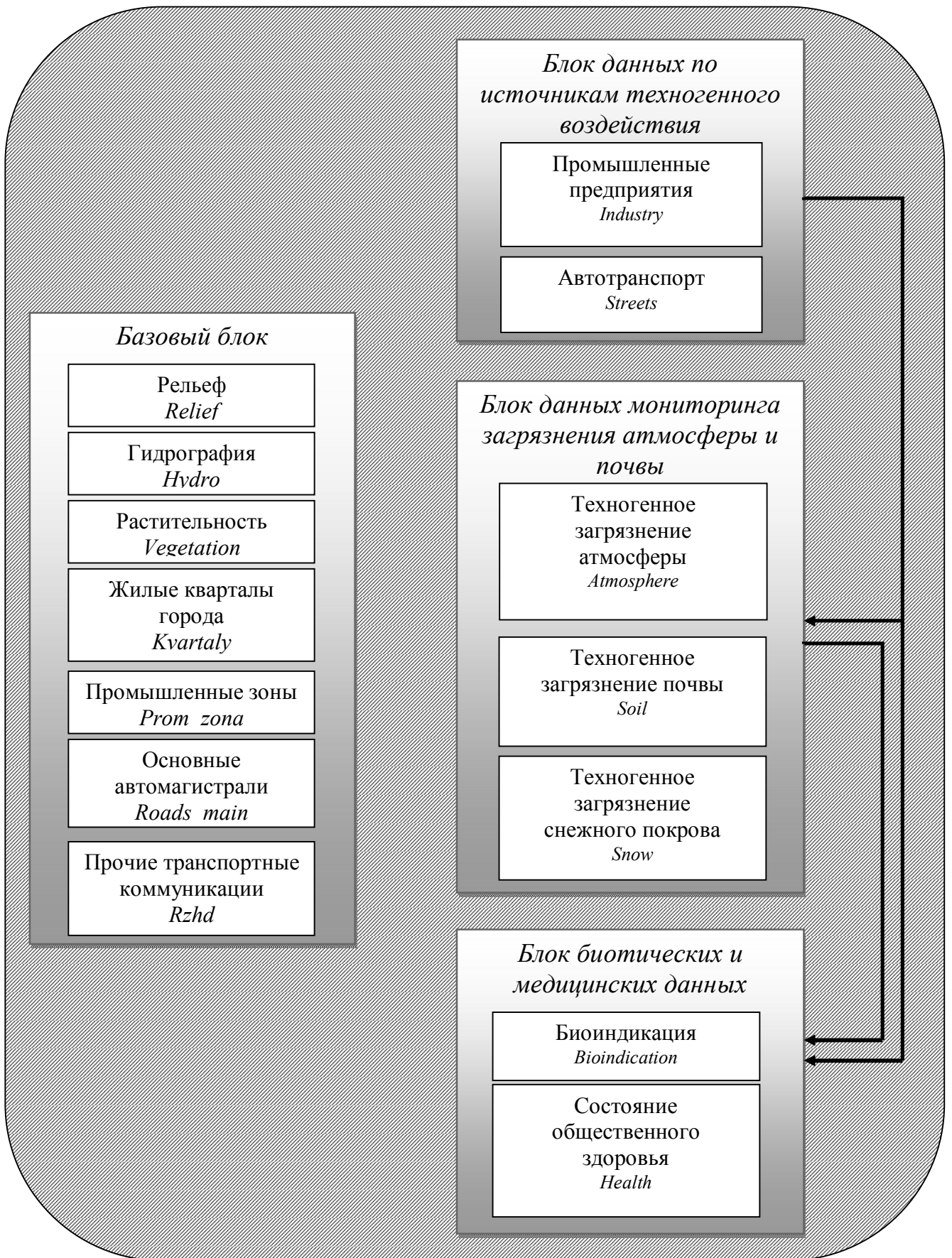


Рис.1. Структура базы данных для интегральной экологической оценки и геоинформационного обеспечения геоэкологического мониторинга города

4) промышленные зоны (площади, занятые промышленными предприятиями и территориями их санитарно-защитных зон); 5) основные автомагистрали (наиболее крупные и загруженные транспортом улицы); 6) прочие транспортные коммуникации (железные дороги, мосты, подъездные пути), выделенные в отдельный слой.

Для оценки воздействия промышленно-транспортного комплекса на городскую среду создан реестр из 351 источников техногенного загрязнения городской среды (199 промышленных объектов и 152 транспортных сооружений, «привязанных» к картографической основе с характеристикой параметров их воздействия (выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, интенсивности движения автотранспорта).

С помощью языка программирования MapBasic автоматизирован процесс оценки риска для здоровья населения, связанного с химическим загрязнением атмосферного воздуха. Специально разработан программный модуль, реализующий количественные расчеты уровней риска для здоровья населения в соответствии с Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (2004).

Для расчета уровней рисков нами применялись справочные величины (SF – фактор канцерогенного потенциала $\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{сутки})^{-1}$; RfD – референтная доза – суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья; RfC – референтная концентрация), а также следующие формулы (1) - (4).

Канцерогенный риск (CR) в течение жизни определялся по формуле (1):

$$CR = ADD * SF \quad (1)$$

где ADD – средняя суточная доза в течение жизни, $\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{день})$; SF – фактор канцерогенного потенциала.

Неканцерогенный риск (для воздушной среды) количественно оценивался на основе расчета коэффициента опасности (HQ) по формуле (2):

$$HQ = Ci / RfC \quad (2)$$

где HQ – коэффициент опасности; Ci – средняя концентрация ($\text{мг}/\text{м}^3$); RfC – референтная (безопасная) концентрация, ($\text{мг}/\text{м}^3$).

С учетом однонаправленности воздействия веществ рассчитывался индекс суммарного эффекта, т.е. опасности присутствия множества загрязняющих веществ (CI или HI), в зависимости от характера суммируемых рисков по формулам (3) и (4):

$$CI = CR_1 + CR_2 + \dots + CR_n \quad (3)$$

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n \quad (4)$$

где n – число веществ; $CR_{1...n}$, $HQ_{1...n}$ – коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси воздействующих веществ однонаправленного действия.

**Методический подход и результаты комплексной оценки
вклада источников техногенного загрязнения в формирование качества
городской среды и экологического риска для населения на основе
математико-статистического моделирования и
геоинформационного картографирования**

На основании созданного реестра промышленных и автотранспортных вкладчиков в загрязнение атмосферы разработана оригинальная методика оценки опасности воздействия источников загрязнения атмосферы, включающая поэтапную реализацию следующих расчетных процедур (1 - 4).

1. Оценка потенциальной опасности промышленных вкладчиков. По каждому промышленному объекту (промплощадке) определяли расчетным путем индексы опасности выбросов загрязняющих веществ /ЗВ/:

1.1. Индекс опасности выбросов ЗВ 1 класса опасности (в % от общегородского выброса ЗВ 1 класса опасности); аналогично – для ЗВ 2, 3 и 4 классов опасности и суммарного выброса по предприятию (всего – 5 индексов опасности ЗВ отдельных классов опасности и индексов суммарного воздействия: $I_{1кл}$, $I_{2кл}$, $I_{3кл}$, $I_{4кл}$, $I_{сумм}$);

1.2. Средневзвешенный индекс экологической опасности предприятия ($I_{прм}$) с учетом весовых коэффициентов опасности ЗВ разных классов опасности аналогично формуле К.А. Буштуевой (1979), используемой для расчета суммарного индекса загрязнения атмосферы $K_{атм.}$, по формуле (5) :

$$K_{атм.} = \left(\frac{C_1}{N_1 ПДК_{C_1}} + \frac{C_2}{N_2 ПДК_{C_2}} + \frac{C_n}{C_n ПДК_{C_n}} \right) t \quad (5)$$

где C_i – средняя за год концентрация i -вещества; $ПДК_i$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация i -вещества; N_i – константа, принимающая значения 1; 1,5; 2; 4 соответственно для веществ 1, 2, 3, 4 классов опасности; $t = P / P_o$, где P - среднегодовой процент повторяемости итилей, %; $P_o = 12,5$ %.

Используя весовые константы, применили следующую формулу (6):

$$I_{прм} = \frac{I_{1кл}}{N_1} + \frac{I_{2кл}}{N_2} + \frac{I_{3кл}}{N_3} + \frac{I_{4кл}}{N_4} \quad (6)$$

1.3. Индекс опасности выбросов канцерогенных загрязняющих веществ (CR) – суммарный выброс веществ с установленным канцерогенным эффектом в % от общегородского выброса загрязняющих веществ (I_{CR}). При этом канцерогенами считали выбросы канцерогенных веществ, относящихся к группам 1, 2А и 2В по классификации МАИР, приведенной в «Руководстве по оценке риска ...» (2004).

2. Оценка потенциальной опасности автотранспортных вкладчиков. Сначала по каждой из основных улиц города с учетом её категории (А.Б. Якушев с соавт., 2013) была определена среднегодовая интенсивность движения

транспортных средств. Далее по справочнику улиц определены индексы потенциальной опасности выбросов от автотранспортных средств:

2.1. Индекс потенциальной опасности выбросов легковыми автотранспортными средствами / $I_{лгк}$ / - ранговые показатели в зависимости от интенсивности движения автотранспорта по улицам различных категорий.

2.2. Аналогично – грузовыми автотранспортными средствами / $I_{грз}$ /, автобусами / $I_{авт}$ / и суммарный ранг автотранспортной нагрузки по общей интенсивности автотранспорта на улице заданной категории / $I_{атн}$ /.

3. Расчет суммарного индекса экологической нагрузки промышленно-транспортной инфраструктуры (I_{Σ}) на городскую среду для любой операционной территориальной единицы проводится с учетом весовой значимости трех основных показателей опасности выбросов ЗВ от стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферы (например, зоне обслуживания детской поликлиники) по формуле (7):

$$I_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (I_{прм} + I_{CR} + I_{атн}) \quad (7)$$

где $i...n$ – количество объектов (промплощадок, уличных трасс) в пределах заданной территориальной единицы.

Блок-схема применения данной методики показана на рисунке 2.

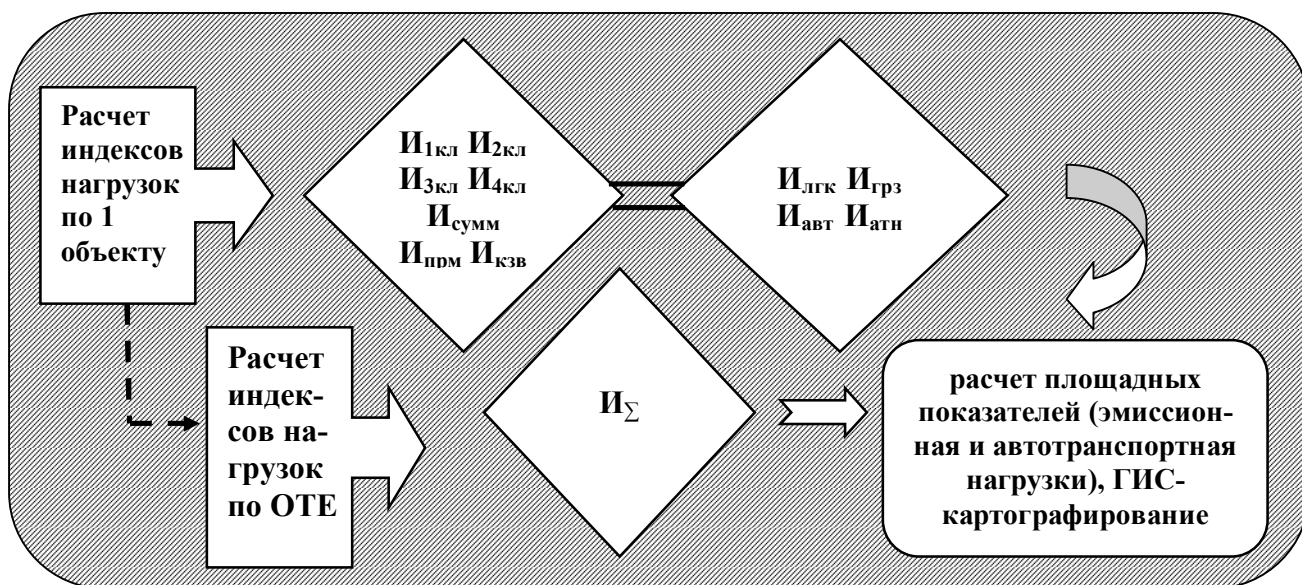


Рис. 2. Блок-схема (методика) оценки вклада промышленно-транспортной инфраструктуры в формирование качества городской среды

4. Создание цифровых карт опасности техногенного воздействия на городскую среду. Осуществляется путем пространственного интерполирования значений индексов экологической опасности промышленных и автотранспортных вкладчиков методом изолиний. В итоге нами рассчитаны **площадные показатели** эмиссии ЗВ и интенсивности движения автотранспорта по микрорайонам города: 1) **коэффициенты эмиссионной нагрузки выбросов ЗВ** от стационарных источников в т/год на 1 кв. км площади района, в т.ч. по классам опасно-

сти и выбросов канцерогенных веществ ($P_{1кл...P_{4кл}}$, $P_{сумм}$, P_{CR} , $P_{прм}$); пример пространственного распределения эмиссионной нагрузки представлен на рис. 3; 2) *коэффициенты автотранспортной нагрузки*: количество автомобилей в час на 1 кв. км площади района отдельно по легковым, грузовым автотранспортным средствам, автобусам и суммарно ($T_{лгк}$, $T_{грз}$, $T_{авт}$, $T_{атн}$); 3) *индекс интегральной промышленно-транспортной нагрузки* (I_{Σ} - сумма нормированных значений $P_{прм}$, P_{CR} , $T_{атн}$).

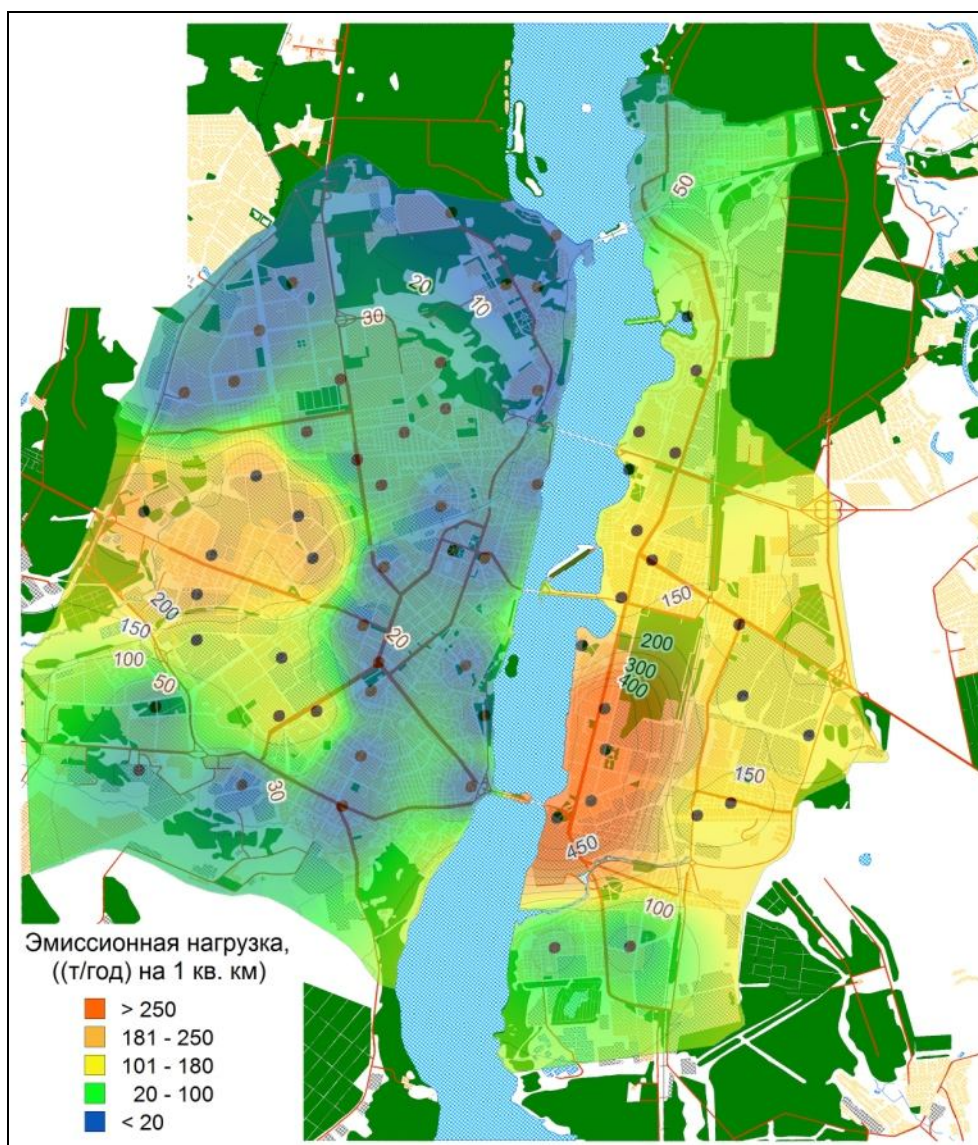
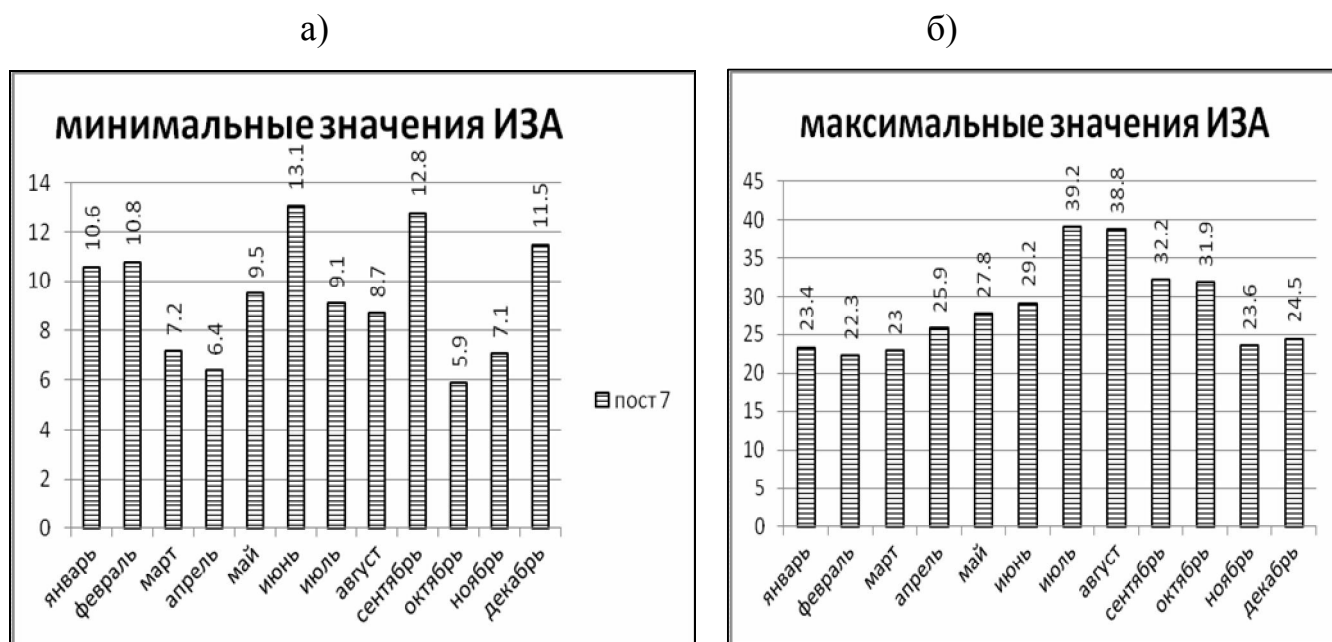


Рис. 3. Показатель суммарной эмиссионной нагрузки выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников (т/год на 1 км²)

Анализ формирования зон техногенного загрязнения городской среды проведен с учетом стратификации атмосферы, условий конвекции и частоты инверсий, воздействующих на загрязнение атмосферы в различные сезоны года. Определены месячные индексы загрязнения атмосферы (ИЗА). На рис. 4 представлен годовой ход минимальных и максимальных значений ИЗА по месяцам на примере поста наблюдения № 7 (селитебно-промышленная зона по ул. Лебедева, 2).



а) минимальные ИЗА, б) максимальные ИЗА

Рис. 4. Годовой ход ИЗА

Наименьшие значения ИЗА наблюдаются в переходные сезоны года весной (март - апрель) и осенью (октябрь - ноябрь). В максимальных значениях ИЗА наблюдается более четко выраженный годовой ход с минимумами в холодное время (в особенности в феврале /ИЗА = 22,3/) и монотонным ростом значений индекса ИЗА до 39,2 в июле. Учитывая, что «опасный» уровень ИЗА составляет 14,0, становится очевидным более чем 2-х кратное превышение уровня опасности концентрации загрязнений в летний период.

Сопоставление данных по максимальным месячным значениям ИЗА и вертикального температурного градиента позволяет сделать вывод об увеличении индекса ИЗА в периоды мощных приземных инверсий, простирающихся до высоты 3,0 км. Величина отрицательных значений вертикального градиента температуры изменялась с высотой от $\gamma = -1,43^{\circ}\text{C}/100\text{м}$ в слое атмосферы до 700 метров с уменьшением до $\gamma = -0,15^{\circ}\text{C}/100\text{м}$ на 3,0 км. В теплый период, максимальные значения индекса ИЗА возникали при устойчивой стратификации атмосферы и уменьшении фактической величины вертикального градиента температуры с высотой от $\gamma = 0,71^{\circ}\text{C}/100\text{м}$ до $\gamma = 0,48^{\circ}\text{C}/100\text{м}$.

Во всех микрорайонах города ситуация значительно усугубляется в теплое время года, когда наблюдаются максимальные значения индекса ИЗА вследствие устойчивой стратификации атмосферы, препятствующей восходящим движениям воздуха, которые, в свою очередь, способствуют рассеянию загрязняющих веществ.

Анализ корреляционных связей в системе «источники - загрязнения - транзитные среды - депонирующие абиотические среды» показал в целом вполне логичную картину: в общем массиве корреляций преобладают значимые положительные коэффициенты (в основном в 55 - 84 % случаев по большинст-

ву критериев), причем наиболее устойчивые связи отмечаются по наиболее массивным выбросам веществ 3 и 4 классов опасности, канцерогенам, а также интенсивности общей промышленно-транспортной нагрузки, определяемой во многом легковым автотранспортом и удельным вкладом канцерогенов, присутствующих в выбросах от стационарных источников. Фрагмент наиболее характерных связей показан в табл. 1.

Таблица 1

Обобщенные показатели стабильности корреляционных связей между параметрами воздействия промышленно-транспортной нагрузки и индексами загрязнения атмосферы, снега, почвы

Критерии воздействия (Π_i)		Критерии «отклика»	
наименование	степень воздействия *	экогеохимические критерии	коэффициенты корреляции с Π_i **
<i>Индекс интегральной промышленно-транспортной нагрузки (I_{Σ})</i>	84,2 %	атмосфера (формальдегид)	0,39
		атмосфера (сажа)	0,51
		атмосфера (Катм)	0,38
		снег (NO_3^-)	0,41
		снег (Pb^{2+})	0,32
		почва (Pb)	0,44
		почва (Cd)	0,65
		почва (рН)	0,45
<i>Коэффициент суммарной автотранспортной нагрузки ($T_{\text{атн}}$)</i>	60,5 %	атмосфера (сажа)	0,43
		снег (рН)	0,68
		снег (минерализация)	0,54
		снег (Cl^-)	0,51
		снег (NH_4^+)	0,66
		снег (NO_3^-)	0,44
		почва (бенз(а)пирен)	0,63

*) Удельный вес положительных значимых корреляций.

***) Статистически достоверны коэффициенты корреляции $> 0,56$.

Проведенное ранжирование ответного «отклика» геохимических индикаторов на промышленно-транспортное воздействие показало более сильный «отклик» критериев качества атмосферы и почвы, в меньшей степени – снега, а к приоритетным геохимическим индикаторам следует отнести: сажа и формальдегид в атмосфере, азотистые соединения в снеге, суммарный показатель загрязнения (СПЗ) почвы тяжелыми металлами (подвижные формы); в не менее 75 % случаев – устойчивые положительные корреляции.

Наиболее загрязнены промышленная и транспортная зоны, а между интегральными показателями загрязнения атмосферы и почвы существует достоверная положительная корреляция, свидетельствующая о существенной обусловленности загрязнения почвы аэрогенным поступлением загрязняющих веществ ($r=0,77$).

Интегральная оценка и картографирование экологического состояния городской среды на основе сопряженной оценки статистических связей в системе «источники техногенного загрязнения - окружающая среда - биота - здоровье населения» с учетом функционально-планировочной структуры города

Наиболее массовыми видами древесных растений, использованными нами в качестве видов-индикаторов для оценки качества окружающей среды города Воронеж, являются берёза повислая (*Betula pendula* Roth.) и тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis* Borkh.). Проведенный анализ отобранных проб листьев в соответствии с принятыми методиками анализа флуктуирующей асимметрии листовых пластинок (Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ..., 2003), позволил рассчитать интегральный показатель стабильности развития видов с его последующей биоиндикационной оценкой. Зоны, в которых выявлены неблагоприятные условия (IV балла), отмечаются вблизи промышленных предприятий и крупных транспортных магистралей. Наиболее благополучные показатели качества среды (I - II балла) отмечаются в зоне рекреации и в жилой зоне (в частности, в пределах подзоны одноэтажной жилой застройки). Большой же части территории города соответствует средний уровень отклонений от условной нормы (III балла), характеризующий умеренную степень техногенного загрязнения городской среды. К таким микрорайонам относятся в основном кварталы с современной многоэтажной застройкой.

Соотношение биоиндикационных показателей по функционально-планировочным зонам показано на рис. 5. В целом величина интегрального показателя стабильности развития видов древесных растений достоверно выше в левобережной части города, что объясняется как концентрацией здесь многих объектов промышленно-производственного комплекса, так и особенностями низменного рельефа местности (левобережной надпойменной террасы), не способствующими самоочищению атмосферы. В условиях преобладающего западного ветропереноса левобережье становится «приемником» отходящих выбросов возвышенного правобережья территории города.

Проведенный выборочно-статистический анализ биоиндикационных признаков позволяет сделать вполне достоверный вывод о том, что данные о качестве среды, полученные на основе расчета интегрального показателя стабильности развития видов древесных растений в целом согласуются с имеющейся информацией о концентрации различных поллютантов в атмосферном воздухе, а также со схемой расположения основных промышленно-транспортных источников загрязнения городской среды.

Количественная оценка воздействия критериев промышленно-транспортного прессинга и экогеохимических показателей качества атмосферы, снега и почвы в целом показала вполне закономерную картину: преобладают положительные корреляции (около 60 % случаев), подтверждающие увеличение частоты заболеваний в районах, более техногенно нагруженных (табл. 2).

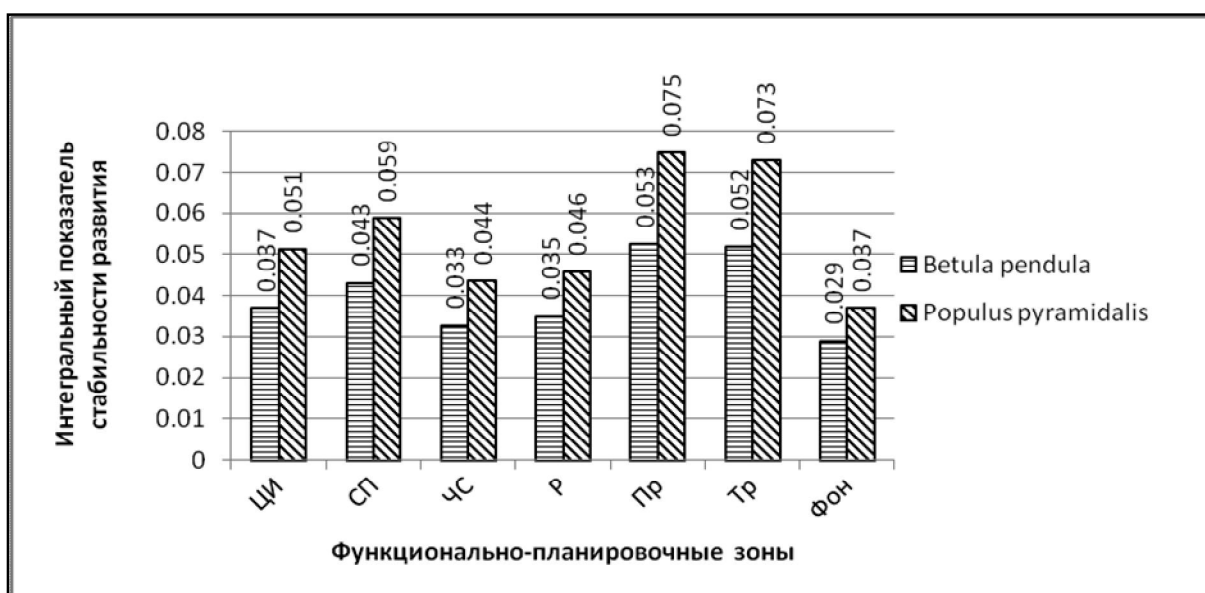


Рис. 5. Интегральный показатель стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*) и тополя пирамидального (*Populus pyramidalis*)

В число приоритетных факторов риска здоровью населения по общему удельному весу положительных значимых корреляций вошли коэффициент эмиссионной нагрузки выбросов канцерогенных веществ от стационарных источников ($П_{CR}$), но особенно – индексы автотранспортной загруженности, прежде всего, легковыми автомобилями, а также грузовыми транспортными средствами и автобусами. В таких районах у детей, как правило, выше частота появления болезней крови (анемий), нервной системы и органов чувств, повышен травматизм. Большинство корреляций имеют заметное проявление и достоверны на уровне $r = +0,54, +0,82$.

Среди параметров загрязнения воздушного бассейна наибольшее воздействие связано с присутствием в атмосфере диоксида серы, концентрации которого возрастают в холодный период года на фоне работы отопительных систем, предприятий теплоэнергетики, сезонного роста общей заболеваемости населения и болезней органов дыхания, а также акролеина, формальдегида, имеющего канцерогенный эффект, и суммарного загрязнения воздуха. При этом спектр наиболее реагирующих патологий однотипный (см. табл. 2): по мере увеличения загрязнения воздуха наблюдается прирост новообразований, респираторных болезней, заболеваний мочеполовой сферы и врожденных аномалий.

Среди индикаторных параметров химического загрязнения снежного покрова следует отметить те, которые отражают общее промышленно-транспортное загрязнение: общая минерализация, азотистые соединения (ионы NO_3^- , NH_4^+), Cl^- , а также наличие свинца в талом снеге. Спектр устойчиво «реагирующих заболеваний» сохраняется (врожденные аномалии, мочеполовые болезни), причем к ним добавляется комплекс эндокринных и кожных заболеваний (с Pb^{2+} , $r = +0,74$ и $+0,87$ соответственно). Достаточно информативен показатель СПЗ тяжелых металлов в почве.

Обобщение корреляционных связей в системе
«техногенное воздействие - заболеваемость детского населения»*

Критерии воздействия (Π_i)			Показатели заболеваемости («отклика»)	
Группы	показатели	степень воздействия	классы болезней	коэф. корреляции с Π_i
Критерии промышленно-транспортной нагрузки	коэффициент эмиссии канцерогенов (Π_{CR})	52,9 %	новообразования	0,52
			кожи	0,55
			врожден. аномалии	0,45
	коэффициент автотранспортной нагрузки ($T_{ЛТК}$)	94,1 %	крови	0,40
			нервной системы	0,54
Атмосфера	оксид серы IV	100,0 %	общая заболеваемость	0,74
			эндокринные	0,63
			органов дыхания	0,67
			мочеполовой системы	0,56
	оксид азота IV	64,7 %	общая заболеваемость	0,56
			органов дыхания	0,59
			врожден. аномалии	0,78
	формальдегид	82,4 %	общая заболеваемость	0,70
			новообразования	0,42
			мочеполовой системы	0,63
$K_{атм}$	82,4	органов дыхания	0,73	
		врожден. аномалии	0,69	
Снежный покров	общая минерализация	82,4	общая заболеваемость	0,34
			мочеполовой системы	0,47
			врожден. аномалии	0,53
	NO_3^-	76,5	общая заболеваемость	0,34
			мочеполовой системы	0,40
Почва	СПЗ	82,4	общая заболеваемость	0,73
			новообразования	0,62
			врожден. аномалии	0,63

*) См. примечание к табл.1.

Таким образом, информативность исследуемого комплекса критериев техногенного воздействия и загрязнения городской среды достаточно высока. В то же время критерии состояния здоровья и биоиндикационные критерии флуктуирующей асимметрии березы повислой, тополя пирамидального не имеют существенной корреляции, слабая тенденция достигает $r = +0,10$, $+0,11$ и несколько усиливается по новообразованиям ($r = 0,17$), эндокринным болезням ($r = 0,24$), патологии нервной системы и органов чувств ($r = 0,28$), особенно – по врожденным аномалиям ($r = 0,36$). Патологические реакции у детей достоверно проявляются в форме отклонений в развитии (ухудшение генофонда, появление врожденных аномалий, хромосомных нарушений) чаще в тех районах города, где и у древесных растений отмечаются более существенные морфологические отклонения в развитии листовых пластинок. Интегральный показатель про-

мышленно-транспортной нагрузки в целом более информативен для древесных растений, чем детей, здоровье которых определяется гораздо более разнообразными экологическими и социально-бытовыми условиями.

По приоритетным факторам риска построена многофакторная модель, отражающая эффект суммарного влияния 5 факторов риска на общую заболеваемость детского населения (множественная корреляция $R=+0,82$):

$$Y = - 88,34 - 25,18(X1) + 0,0037(X2) + 545,59(X3) + 4,70 (X4) + 8,93 (X5) \quad (8)$$

где $X1$ – ($П_{CR}$) - коэффициент эмиссионной нагрузки выбросов канцерогенов ($т/год$ на $1 км^2$); $X2$ – ($T_{амн}$) - общая интенсивность движения автотранспорта ($авт/час$ на $1 км^2$); $X3$ – комплексный показатель загрязнения атмосферы ($K_{амн}$); $X4$ – показатель общей минерализации снежного покрова ($мг/л$); $X5$ – суммарный показатель загрязнения почвы тяжелыми металлами (СПЗ).

Методом кластерного анализа параметров сходства функционально-планировочных зон выделены три кластерные группы: а) промышленная и транспортная зоны совместно (наиболее техногенно загрязненные); б) селитебная, объединяющая все подзоны независимо от этажности и историко-композиционного построения (территории умеренного загрязнения); в) селитебно-рекреационная и фон (наиболее экологически безопасные, комфортные). В перспективном градостроении нужно, видимо, стремиться к рассредоточению и более четкому обособлению рекреационных и селитебных зон от промышленных и транспортных, которые плотно сконцентрированы и перемежаются, создавая локальные очаги экологического неблагополучия для биоты и населения города.

Завершающим элементом интегральной оценки стало создание карты, отражающей градиентные различия индексов экологического риска с обработкой данных по 46 наиболее репрезентативным пунктам наблюдений. Построенная карта (рис. 6) иллюстрирует территориальные различия, достигающие примерно 3-х кратного уровня по вариации индексов риска в благополучных окраинных «спальных» микрорайонах и территории общественного центра, а также промышленно-транспортных зон города. Метод IDW - интерполяции вполне адекватно характеризует общую экологическую обстановку как важнейший аспект геоэкологического мониторинга крупного промышленного центра.

Обобщение материалов исследования позволило разработать схему геоэкологического мониторинга с применением геоинформационных технологий как необходимый составной блок городской экологической политики.

Её основными принципами должны быть следующие: 1) соответствие единой государственной системе экологического мониторинга (ЕГСЭМ); 2) системность организации информации, характеризующей состояние окружающей среды, биоты и здоровья населения; информационные блоки экогеоданных должны быть структурированы и иерархически увязаны между собой; 3) равномерный и полный охват территории города сетью постов экологического мониторинга; 4) унификация критериев геоэкологического мониторинга, связанных с системой экологического нормирования; 5) синхронизация систем на-

блюдения различными природоохранными ведомствами; 6) расширение и углубление аналитического блока мониторинга окружающей среды на базе ГИС-технологий; 7) создание картографической базы данных для задач геоэкологического мониторинга; 8) верификация данных инструментальных и расчетных методов с оценкой их эффективности; 9) совершенствование системы экологического управления и контроля.

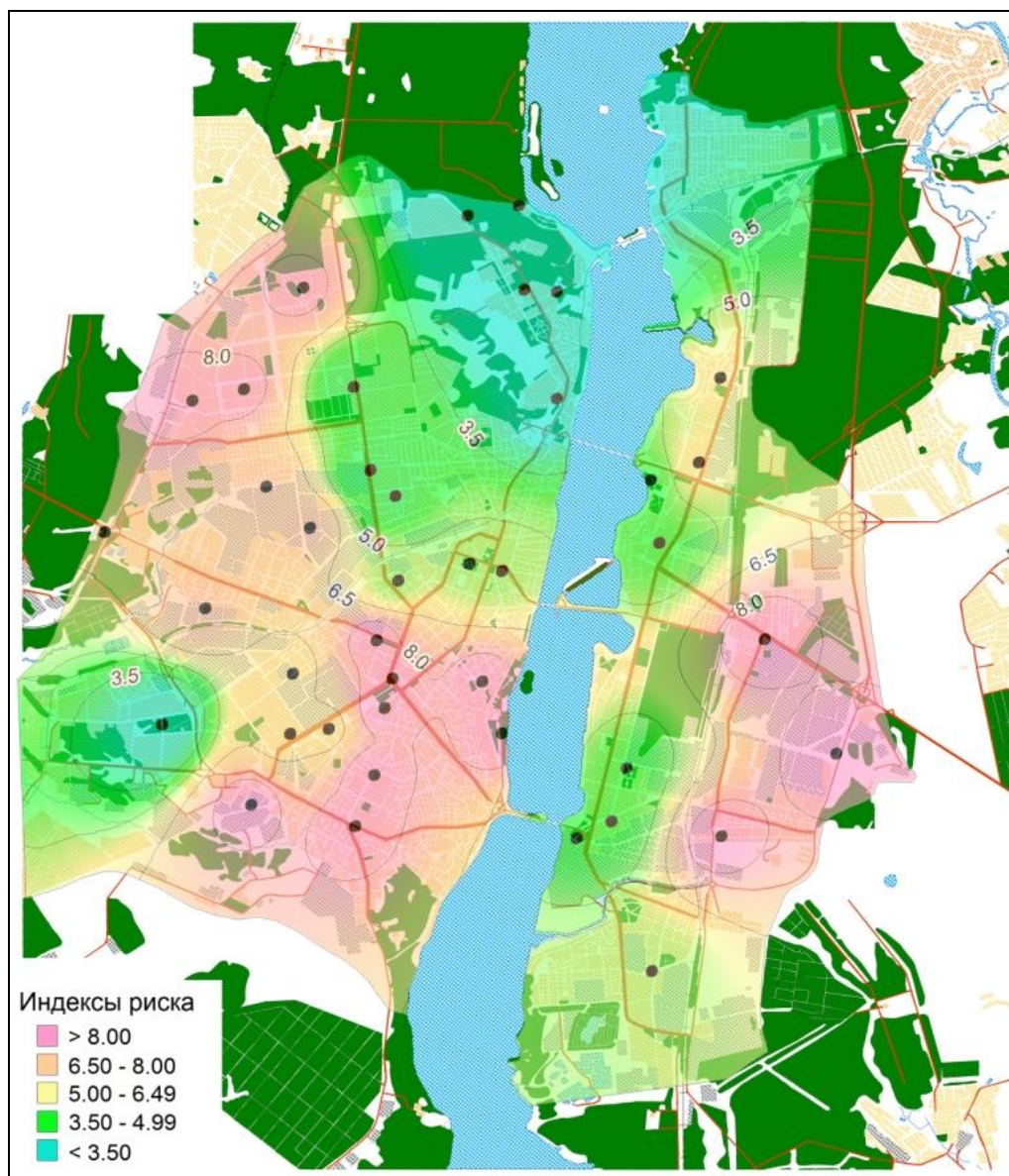


Рис. 6. Интегральная оценка экологического состояния территории города Воронежа (метод IDW - интерполяции)

Таким образом, созданный нами ГИС-комплекс может быть успешно использован в реализации автоматизированного геоэкологического мониторинга городской среды.

Для снижения экологического риска, вызванного техногенным загрязнением городской среды, нами рекомендованы следующие мероприятия: модернизация улично-дорожной сети города и увеличение её пропускной способно-

сти, скорости движения автотранспорта за счет трасс однонаправленного движения, скоростных автотрасс, а также возврата к современному электротранспорту (линии скоростного трамвая); реконструкция топливно-энергетического и промышленного нефтехимического комплексов города (полный переход на газообразное топливо, контроль и сокращение выбросов в окружающую среду веществ с установленным канцерогенным эффектом); создание и развитие ландшафтно-экологического каркаса города, систем озеленения с элементами современной ландшафтной архитектуры и дизайна, что позволит снизить загрязнение воздушного бассейна в промышленно-транспортных микрорайонах и уменьшить риск для здоровья населения.

ВЫВОДЫ

1. Создан оригинальный геоинформационно-аналитический комплекс в программной среде MapInfo, включающий информационный банк данных об источниках техногенного загрязнения, качестве основных транзитных и деполирующих сред (атмосфера, снег, почва), биотических реакциях древесных растений и заболеваемости детского населения города Воронежа в ретроспективе за 5 лет (2009-2013), а также программно-алгоритмический аппарат автоматизированной оценки риска здоровью населения, геоинформационного картографирования и обеспечения геоэкологического мониторинга крупного промышленного центра.

2. Разработан методический подход к оценке вклада промышленно-транспортной инфраструктуры в формирование техногенного загрязнения и медико-экологической напряженности городской среды. Для территории города Воронежа рассчитаны по оригинальной методике коэффициенты эмиссионной нагрузки выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников (ранжированные по классам опасности веществ) и коэффициенты автотранспортной нагрузки, позволившие количественно оценить интегральную промышленно-транспортную нагрузку на городскую среду и выявить пространственные различия эмиссии загрязняющих веществ средствами геоинформационного картографирования.

3. Установлены закономерности формирования аэротехногенного загрязнения в условиях городской среды при комбинированном влиянии сезонного фактора, стратификации атмосферы и функционально-планировочной структуры города Воронежа. Максимальные показатели индекса загрязнения атмосферы отмечаются в пределах левобережного промышленно-производственного комплекса, что связано с промышленными объектами и особенностями ландшафтно-экологических условий. Ситуация значительно усугубляется в теплое время года, при максимальных значениях индекса ИЗА (до 2,5-2,8 превышений фона) вследствие устойчивой стратификации атмосферы (инверсия), а минимальные значения индекса ИЗА наблюдаются в холодное время года и при «неустойчивом» состоянии атмосферы (конвекция).

4. Проведено ранжирование ответного «отклика» геохимических индикаторов на промышленно-транспортное воздействие, показавшее наиболее сильный «отклик» критериев качества атмосферы и почвы, в меньшей степени – снега (приоритетные индикаторы: сажа и формальдегид в атмосфере, азотистые соединения в снеге, суммарное загрязнение тяжелыми металлами почвы). Наиболее загрязнены промышленная и транспортная зоны, а между интегральными показателями загрязнения атмосферы и почвы существует достоверная положительная корреляция сильной степени ($r = +0,77$), свидетельствующая об определяющем аэрогенном механизме загрязнения почвенного покрова города.

5. Установлено, что показатели флуктуирующей асимметрии листьев древесных растений (берёзы повислой /*Betula pendula Roth.*/ и тополя пирамидального /*Populus pyramidalis Borkh.*/) можно рассматривать как информативный индикатор экологического состояния городской среды. Угнетение видов (2-х кратное увеличение показателя стабильности развития относительно фона) наблюдается в промышленно-транспортных микрорайонах при увеличении концентраций в атмосфере и снеге взвешенных веществ, азотистых соединений, пылевых фракций и тяжелых металлов в почве, ухудшающих условия существования древесных видов.

6. Проведена оценка риска для здоровья детского населения, связанного с промышленно-транспортным воздействием и экогеохимическим фоном городской среды, позволившая ранжировать по значимости критерии техногенного воздействия и общественного здоровья, а также построить прогнозные модели риска. В число болезней наибольшей экологической обусловленности включены врожденные аномалии, новообразования, эндокринная патология и болезни мочеполовой сферы, достигающие положительной корреляцией средней силы (преимущественно $r =$ от $+0,50$ до $+0,68$) с большинством параметров техногенного загрязнения атмосферы и почвы.

7. Осуществлена интегральная оценка экологического состояния территории города, позволившая дифференцировать функционально-планировочные зоны и районы обслуживания детских поликлиник по риску экологически обусловленных заболеваний с геоинформационным картографированием индексов риска, имеющих примерно 3-х кратные различия между относительно благополучными окраинными «спальными», селитебно-рекреационными микрорайонами и техногенно нагруженными микрорайонами исторического центра, промышленных и транспортных зон.

8. Обоснованы принципы организации и совершенствования системы городского геоэкологического мониторинга крупного промышленного центра, основанного на геоинформационных технологиях хранения, аналитического оценивания и картографирования экогеоданных, практическое внедрение которого обеспечит поэтапное снижение риска экологически обусловленных заболеваний населения и обеспечение экологической безопасности.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в ведущих рецензируемых журналах перечня ВАК РФ

1. **Виноградов П.М.** Геоинформационное обеспечение медико-экологического мониторинга городской среды (на примере города Воронежа) / П.М. Виноградов, С.А. Куролап, О.В. Клепиков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2014. – № 4. – С. 39-47.

2. **Акимов Л.М.** Комплексная оценка экологической обстановки с учетом состояния атмосферы и функционально-планировочной структуры города / Л.М. Акимов, П.М. Виноградов, Е.Л. Акимов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2014. – № 4. – С. 57-67.

3. **Виноградов П.М.** Оценка качества среды обитания города Воронежа на основе анализа интегрального показателя стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и тополя пирамидального (*Populus pyramidalis* Borkh.) / П.М. Виноградов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/120-16242>.

Публикации в других изданиях

4. **Виноградов П.М.** Применение программных модулей MapInfo в кадастровых работах / П.М. Виноградов // XXXIX итоговая студенческая научная конференция: мат-лы конф. – Ижевск : Удмуртский университет, 2011. – Т. 30. – С. 108-109.

5. **Виноградов П.М.** Методические основы разработки геоинформационной системы для обеспечения экологического мониторинга промышленного города / П.М. Виноградов, С.А. Куролап // Экология центрально-черноземной области Российской Федерации. – Липецк : Липецкий эколого-гуманитарный институт. – 2012. – № 2 (29). – С. 222-223.

6. **Виноградов П.М.** Научно-методические основы создания системы экологического мониторинга г. Воронежа с применением геоинформационных технологий / П.М. Виноградов, С.А. Куролап // Геоинформационное картографирование в регионах России: мат-лы V Всерос. науч.-практ. конф. (г. Воронеж, 19-22 сентября 2013г.). – Воронеж : Цифровая полиграфия, 2013. – С. 25-27.

7. **Прожорина Т.И.** Эколого-геохимическая диагностика состояния городской среды по загрязнению снежного покрова г. Воронежа / Т.И. Прожорина, С.А. Куролап, Е.В. Беспалова, **П.М. Виноградов** // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: мат-лы V Межд. науч. конф. (г. Белгород, 28-31 октября 2013г.). – М.; Белгород : КОНСТАНТА, 2013. – С. 128-131.

8. **Акимов Л.М.** Анализ влияния функционально-планировочной структуры города на загрязнение воздушного бассейна / Л.М. Акимов, **П.М. Виноградов**, Е.Л. Акимов // Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды: сб. науч. статей. – Воронеж : Цифровая полиграфия, 2014. – С. 55-65.

9. **Виноградов П.М.** Применение геоинформационных технологий для обеспечения эффективного функционирования системы экологического мониторинга / П.М. Виноградов // Экологическая оценка и картографирование состояния город-

ской среды: сб. науч. статей. – Воронеж : Цифровая полиграфия, 2014. – С. 152-159.

10. **Виноградов П.М.** Применение MapBasic при разработке приложения для расчета экологических рисков здоровью населения г. Воронежа / П.М. Виноградов // Геодезия, картография и маркшейдерия: мат-лы Всерос. науч. интернет-конф. с межд. участием (г. Казань, 5 июня 2014г.). – Казань, 2014. – С. 4-6.

11. Епринцев С.А. Научно-методические аспекты разработки и использования ГИС для геоэкологической оценки урбанизированных территорий (на примере городского округа г. Воронеж) / С.А. Епринцев, **П.М. Виноградов** // Геоинформационное картографирование в регионах России: мат-лы VI (заочной) науч.-практ. конф. (г. Воронеж, 20 ноября 2014г.) – Воронеж : Научная книга, 2014. – С. 51-56.

12. Епринцев С.А. Технология создания электронной карты-основы ГИС «Экогеохимия города Воронежа» и оценка экологического риска / С.А. Епринцев, **П.М. Виноградов** // Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды: сб. науч. статей. – Воронеж : Цифровая полиграфия, 2014. – С. 160-166.

13. Клепиков О.В. Использование технологий географических информационных систем в оценке качества окружающей среды / О.В. Клепиков, С.А. Куролап, **П.М. Виноградов** // Наука и образование: актуальные вопросы, тенденции развития. Перспективы и направления развития сложных технических систем, средств их обеспечения и управления: сб. статей по материалам Межвуз. науч.-практ. конф. (г. Воронеж, 24-25 сентября 2014г.). – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – С. 113-115.

14. Куролап С.А. Геоинформационно-аналитический комплекс для обеспечения медико-экологического мониторинга г. Воронежа / С.А. Куролап, **П.М. Виноградов**, О.В. Клепиков // Геоматика. – М., 2014. – № 3. – С. 43-50.

15. Куролап С.А. Эколого-геохимический мониторинг как эффективный инструмент региональной экодиагностики / С.А. Куролап, Т.И. Прожорина, Е.В. Беспалова, **П.М. Виноградов** // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. (г. Волгоград, 28-31 апреля 2014г.). – Волгоград, 2014. – С. 355-358.

16. Прожорина Т.И. Аэротехногенный мониторинг состояния городской среды по загрязнению снежного покрова (на примере города Воронежа) / Т.И. Прожорина, Е.В. Беспалова, С.А. Куролап, **П.М. Виноградов** // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки. – Волгоград, 2014. – № 3 (9). – С. 28-34.

Статьи 1-3 опубликованы в ведущих рецензируемых журналах перечня ВАК РФ.

Подписано в печать 16.02.2015г.

Объем 1,5 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № ____.

Отпечатано с готового оригинал-макета в

Издательский дом ВГУ

394006, Россия, г. Воронеж, ул. Пушкинская, 3

Тел. (4732) 220-83-46