

РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ЦЕНТР ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Сборник научных статей

*Под общей редакцией
С.А. Куролана и О.В. Клепикова*

Воронеж
Издательство «Научная книга»
2016

УДК 502.55:504.064.2

***Исследование выполнено при финансовой поддержке
Русского географического общества в рамках
научного проекта № 13-05-41401_а***

Экологическая оценка состояния городской среды : сборник научных статей / Под общ. редакцией С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж: Издательство «Научная книга», 2016. – 151 с.

ISBN 978-5-98222-910-6

Сборник научных статей содержит результаты комплексных геоэкологических исследований, выполненных в рамках научного проекта по гранту Русского географического общества – Российского фонда фундаментальных исследований / проект 13-05-41401_а «Интегральная оценка и картографирование экологического состояния территории крупного промышленного центра (на примере города Воронежа)» /.

В статьях изложены основные принципы и подходы к организации систем регионального экологического мониторинга, интегральной оценке и картографированию экологического состояния городской среды, приведены результаты оригинальных исследований техногенного загрязнения снежного покрова, почв, качества водных ресурсов, шумового фактора, реакций древесных растений, выполненных методами геохимии, биоиндикации, биотестирования и оценки риска здоровью населения на территории крупного промышленного центра - города Воронежа. Показаны возможности геоинформационных технологий в обеспечении городской системы экологического мониторинга и электронном картографировании эколого-гигиенических ситуаций.

Издание будет полезно специалистам региональных природоохранных, гигиенических ведомств и проектно-производственных организаций, разрабатывающим целевые программы мониторинга окружающей среды и охраны здоровья населения, а также ученым и студентам вузов, заинтересованным в изучении экологических проблем городской среды.

УДК 502.55:504.064.2

ISBN 978-5-98222-910-6

© Коллектив авторов, 2016

© Издательство «Научная книга», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Методические подходы к организации государственного экологического мониторинга для обоснования природоохранных решений в крупном промышленном центре <i>(О.В. Клепиков, С.А. Куролан)</i>	5
Интегральная оценка и картографирование экологического состояния городской среды: подходы и опыт реализации на примере города Воронежа <i>(С.А. Куролан, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов)</i>	25
Оценка техногенного загрязнения города Воронежа по результатам мониторинга химического состава снежного покрова <i>(Т.И. Прожорина, Н.И. Якунина)</i>	48
Поверхностный сток как фактор ухудшения экологического состояния Воронежского водохранилища <i>(Т.И. Прожорина, Н.И. Якунина)</i>	62
Оценка генотоксичности поверхностных вод и донных грунтов рекреационных зон Воронежской городской агломерации <i>(М.О. Маслова, Е.Ю. Иванова)</i>	71
Анализ содержания азотистых соединений в поверхностных водах рекреационных зон Воронежской городской агломерации <i>(М.О. Маслова)</i>	82
Оценка экологического состояния урбанизированных территорий методами биоиндикации <i>(М.А. Клевцова, П.М. Виноградов)</i>	90
Анализ загрязнения урбанизированной среды по реакциям древесных растений <i>(М.А. Клевцова, А.И. Якунин)</i>	104
Тяжелые металлы и нефтепродукты в почвенном покрове города Воронежа <i>(Л.О. Середя)</i>	115
Оценка токсического загрязнения почвенного покрова города Воронежа методами биотестирования <i>(Л.О. Середя, С.А. Куролан)</i>	129
Оценка риска здоровью населения при воздействии городского автотранспортного шума <i>(Н.Ю. Самодурова, Н.П. Мамчик, О.В. Клепиков)</i>	139

*Посвящается предстоящему Году экологии в России и
30-летию открытия экологического образования
в Воронежском государственном университете !*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современные крупные промышленные города – центры острейших экологических проблем, что определяет актуальность исследования техногенных факторов риска, формирующих «экологический образ» конкретного города. О важности изучения проблем экологии городов свидетельствует и тот факт, что согласно Указу Президента Российской Федерации от 5.01.2016 года наступающий 2017 год объявлен в России «Годом экологии», когда вопросы экологической безопасности страны становятся приоритетной государственной политикой.

Результаты исследований, изложенные в настоящем сборнике, являются закономерным продолжением и углублением многолетних совместных научно-практических разработок ученых Воронежского государственного университета, Воронежского государственного университета инженерных технологий и Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области по изучению закономерностей формирования геохимического фона и оценке риска для здоровья населения, связанного с состоянием окружающей среды города Воронежа («Организация компьютерного мониторинга и оценка медико-экологической ситуации в г. Воронеже», 1995; «Экология и мониторинг здоровья города Воронежа», 1997; «Экологогигиенические основы мониторинга и охраны городской среды», 2002; «Оценка риска для здоровья населения при техногенном загрязнении городской среды», 2006; «Воронеж: среда обитания и зоны экологического риска», 2010; «Интегральная экологическая оценка состояния городской среды», 2015).

В отличие от ранее изданных книг приведены новые данные по геохимии городской среды, качеству водоемов мест рекреации пригородной зоны, шуму, состоянию биоты и рискам здоровью населения. Особое внимание уделено экологической оценке различных функционально-планировочных зон города, использованию методов экогеохимии, биоиндикации и биотестирования для экологической экспресс-диагностики состояния среды обитания. С помощью современных геоинформационных технологий осуществлено картографирование полей загрязнения окружающей среды, биотических реакций, уровней экологического риска.

Практическое внедрение результатов исследований станет основой научно-обоснованной стратегии экологически безопасного и эффективного градостроительства.

*Доктор географических наук, профессор С.А. Куролап
Доктор биологических наук, профессор О.В. Клепиков*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ РЕШЕНИЙ В КРУПНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ЦЕНТРЕ

О.В. Клепиков, С.А. Куролап

Сохранение благоприятной среды обитания является важнейшим условием обеспечения экологической безопасности и достижения устойчивого социально-экономического развития общества. В настоящее время уже очевидно, что эффективная экологическая политика базируется на приоритете защиты окружающей среды и сохранения здоровья населения [1, 14, 20].

Природоохранным законодательством Российской Федерации, в частности, Федеральным законом №7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» [15] определено понятие государственного экологического мониторинга.

Государственный экологический мониторинг (государственный мониторинг окружающей среды) - комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды.

Единая система государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) создается в целях обеспечения охраны окружающей среды. Задачами единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) являются (ст. 63.1 ФЗ №7 «Об охране окружающей среды»):

- регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, изменениями состояния окружающей среды;

- хранение, обработка (обобщение, систематизация) информации о состоянии окружающей среды;

- анализ полученной информации в целях своевременного выявления изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и (или) антропогенных факторов, оценка и прогноз этих изменений;

- обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды.

Основными подсистемами единой системы государственного мониторинга окружающей среды являются государственный мониторинг состояния: а) атмосферного воздуха; б) водных объектов; в) земельных ресурсов.

Вместе с тем, система государственного мониторинга окружающей среды тесно взаимодействует с другой системой – системой государственного социально-гигиенического мониторинга, которая организована в соответствии с Федеральным законом №52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и Постановлением Правительства Российской Федерации от 2.02.2006 г. №60 "Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга».

Социально-гигиенический мониторинг (СГМ) - государственная система наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания человека, а также определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием на него факторов среды обитания человека для принятия мер по устранению вредного воздействия на население факторов среды обитания человека.

В рамках системы социально-гигиенического мониторинга в последние годы интенсивно развивается научное направление, базирующееся на теории риска для здоровья и жизни человека, связанного с воздействием факторов окружающей среды. Оно получило развитие на базе совместных разработок Федерального центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, Федерального Центра экологической политики России и Американского агентства по охране окружающей среды (U.S. EPA). Базируясь на этой методологии, возможно идентифицировать и количественно оценивать уровни риска, а также планировать меры по организации мониторинга окружающей среды и снижению риска в экологически неблагоприятных районах. Основные положения методологии оценки риска здоровью населения закреплены в руководстве Р 2.1.10.1920 - 04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (утверждено главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко 05.03.2004 г.) [12].

Переходя к рассмотрению методических подходов организации мониторинга окружающей среды, следует отметить, что одно из ве-

душих мест по дозовому воздействию и возможным биологическим эффектам для здоровья населения занимает загрязнение атмосферного воздуха.

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы в России осуществляются на постах, которые подразделяются на три категории.

1. *Стационарные посты* служат для систематических и длительных наблюдений. Это специальные павильоны, оснащенные необходимыми приборами и аппаратурой для отбора проб воздуха, в том числе непрерывной регистрации концентрации вредных микрокомпонентов в атмосфере и определения метеопараметров.

Число их определяется ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов» в зависимости от численности населения: 1 пост - до 50 тыс. жителей; 2 поста - от 50 до 100 тыс.; 3 - от 100 до 200 тыс.; 4 - 5 - от 200 до 500 тыс.; 5 - 10 - более 500 тыс. жителей.

Стационарные посты располагают, как правило, в зонах влияния крупных промышленных предприятий и автомагистралей, т.е. вблизи влияния источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Программа наблюдений включает определение максимально разовых и среднесуточных концентраций приоритетных загрязняющих веществ в приземном слое воздуха в течение нескольких лет. Контроль за уровнем загрязнения атмосферы на стационарных постах осуществляется территориальным центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

2. *Маршрутные посты* служат для постоянных наблюдений. Отбор проб воздуха и метеорологические измерения на этих постах проводятся с помощью передвижной лаборатории на автомашине.

Программа наблюдений может включать как определение максимально разовых, так и среднесуточных концентраций. Информация о загрязнении с маршрутных постов дополняет информацию со стационарных постов. При этом места отбора проб воздуха изменяются (как правило, ежегодно) с целью получения наиболее полной площадной картины распределения загрязнений.

В зависимости от цели мониторинга определение концентраций загрязняющих веществ может осуществляться в зонах влияния предприятий, на границах жилой застройки, внутриквартально.

Контроль за уровнем загрязнения атмосферы на стационарных постах осуществляется лабораторией региональных центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъектах Федерации. В качестве при-

мера на рисунке 1 показана схема размещения постов мониторинга качества воздушного бассейна в г.Воронеже.



Рис. 1. Посты мониторинга качества воздушного бассейна г.Воронежа

3. *Передвижные (подфакельные) посты* служат для разовых наблюдений под газовыми факелами (выбросами, распространяющимися из труб промышленных предприятий). Их выбирают каждый раз под факелом в зависимости от режима ветра на различных расстояниях от источника загрязнения.

Ведомственные лаборатории, которые имеют крупные хозяйствующие субъекты, являющиеся источниками выбросов загрязняющих веществ в объекты загрязняющей среды, осуществляют контроль загрязняющих веществ в рамках производственного контроля на площадках предприятий и на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ). Ведомственными лабораториями могут проводиться и подфакельные исследования.

Ежегодно утверждается план-график отбора проб атмосферного воздуха, который определяет периодичность, место контроля и перечень контролируемых ингредиентов в зависимости от зоны влияния того или иного источника загрязнения.

Перечень веществ, подлежащих контролю, устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от источников за-

грязнения в городе и метеорологических условий рассеивания примесей в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» [11].

Выбору местоположения постов наблюдения и контроля предшествует проведение соответствующего комплексного регионального эксперимента (КОРЭКС) по исследованию загрязнения воздушного бассейна.

Основной задачей мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха является выявление приоритетных загрязняющих веществ и объектов, представляющих риск здоровью населения.

Для формирования информационного фонда мониторинга, характеризующего качество атмосферного воздуха населенных мест, используются данные статистических отчетных форм №18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации за ___ год»; 2 тп-воздух «Сведения об охране атмосферного воздуха за ___ год», а также данные общего объема и состава выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников и от автотранспорта в разрезе административно - территориальных подразделений; максимально разовые, среднесуточные, среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по данным «Центров гигиены и эпидемиологии» и «Центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» субъектов Российской Федерации; среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в рецепторных точках (по предприятиям), полученные с использованием методов математического моделирования приземных концентраций загрязняющих веществ.

Оценка непосредственных результатов деятельности проводится путем анализа изменений параметров индикативных показателей в динамике:

- удельного веса результатов исследований атмосферного воздуха, не отвечающих гигиеническим нормативам (%);
- максимально-разовых, среднесуточных и среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе ($\text{мг}/\text{м}^3$);
- коэффициента суммарного загрязнения атмосферного воздуха ($K_{\text{атм.}}$);
- индекса загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА).

Оценка конечных результатов природоохранной деятельности по снижению загрязнения атмосферного воздуха осуществляется по следующим показателям:

- снижение индивидуального канцерогенного риска здоровью до верхней границы приемлемого уровня (1×10^{-4});

- снижение коэффициентов (Н_Q) и индексов опасности (Н_I) до 1;
- снижение популяционного риска;
- снижение количества экспонированного населения, находящегося под воздействием загрязняющих веществ атмосферного воздуха.

Гидросфера служит естественным аккумулятором большинства загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух и почву. Это связано с большой растворяющей способностью воды, с круговоротом воды в природе, а также с тем, что водоемы являются конечным пунктом на пути движения различных сточных вод.

Статьей 43.1 Федерального закона №7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» [15] определены требования в области охраны окружающей среды в сфере водоснабжения и водоотведения:

- при эксплуатации централизованных и нецентрализованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и системы водоотведения должны соблюдаться требования в области охраны окружающей среды.

- мероприятия по охране окружающей среды осуществляются в соответствии с Федеральным законом №416-ФЗ от 07.12.2011 «О водоснабжении и водоотведении» и другими федеральными законами.

Цели мониторинга водных объектов закреплены в Постановлении Правительства Российской Федерации от 07.04.2007 г. №219 «Об утверждении положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов».

Мониторинг представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, физических и юридических лиц. Мониторинг осуществляется в следующих целях:

- своевременное выявление и прогнозирование негативного воздействия вод, а также развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработка и реализация мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;

- оценка эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;

- информационное обеспечение управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе в целях государственного надзора в области использования и охраны водных объектов.

Мониторинг водных объектов включает в себя:

- регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями состояния водных ресурсов, а также за режимом использования водоохраных зон, зон затопления, подтопления;
- сбор, обработку и хранение сведений, полученных в результате наблюдений;
- внесение сведений, полученных в результате наблюдений, в государственный водный реестр;
- оценку и прогнозирование изменений состояния водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов.

Мониторинг состоит из:

- мониторинга поверхностных водных объектов с учетом данных мониторинга, осуществляемого при проведении работ в области гидрометеорологии и смежных с ней областях;
- мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, а также состояния водоохраных зон;
- мониторинга подземных вод с учетом данных государственного мониторинга состояния недр;
- наблюдений за водохозяйственными системами, в том числе за гидротехническими сооружениями, а также за объемом вод при водопотреблении и сбросе вод, в том числе сточных, в водные объекты.

Основная работа по ведению мониторинга водных объектов возложена на Федеральную службу по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, которая при осуществлении мониторинга поверхностных водных объектов:

- ведет регулярные наблюдения за состоянием поверхностных водных объектов в части количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов;
- проводит оценку и прогнозирование изменений состояния поверхностных водных объектов в части количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов;
- обеспечивает сбор, обработку, обобщение и хранение сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами, и представление в Федеральное агентство водных ресурсов данных мониторинга поверхностных водных объектов с учетом данных мониторинга, осуществляемого при проведении работ в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, в соответствии с установ-

ленными формами и порядком представления данных, а также порядком информационного обмена;

- обеспечивает предоставление федеральным органам исполнительной власти, органам государственной власти субъектов Российской Федерации, органам местного самоуправления, а также юридическим и физическим лицам данных мониторинга поверхностных водных объектов в порядке, установленном Федеральным законом «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».

Кроме Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в мониторинге водных объектов участвует Федеральная служба в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, которая в рамках ведения социально-гигиенического мониторинга собирает и анализирует сведения об оценке качества воды источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также об оценке состояния водных объектов, используемых для рекреационных целей.

Для формирования информационного фонда мониторинга по показателям качества и безопасности питьевого водоснабжения населения используются официальные сведения статистических отчетных форм №18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации за ___ год»; 2 тп-водхоз «Отчет об использовании воды за ___ год», данные лабораторных исследований за качеством питьевой воды из систем хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также данные хозяйствующих субъектов, на балансе которых находятся объекты водоснабжения населения.

Контрольные точки (места отбора проб) в мониторинге качества воды водных объектов выбираются: 1) в местах сброса условно-чистых и загрязненных сточных вод в водоем; 2) в местах рекреации, т.е. в местах контакта человека с водой (пляжи, места занятия водными видами спорта и др.). При этом контроль ведется, как правило, в летний сезон. Организуется также фоновый мониторинг.

В основе выбора приоритетных региональных показателей находится ориентация на вещества, в наибольшей степени опасные для здоровья населения и наиболее характерные для сбрасываемых в водные объекты региона сточных вод.

Качество воды водного объекта на региональном уровне оценивается как по общим показателям, единым для всех водоемов страны, так и по дополнительному перечню приоритетных загрязнений, специфичных только для данного региона.

Выбор приоритетных показателей водного объекта может быть аргументирован материалами обследования источников загрязнения, а также результатами анализов стоков и воды водных объектов.

К критериям выбора приоритетных показателей для контроля качества воды водных объектов относятся: специфичность вещества для сточных вод, поступающих в водные объекты региона; степень превышения ПДК вещества в воде водного объекта; класс опасности и лимитирующий признак вредности (характеризуют одновременно кумуляцию, токсичность и способность вещества вызывать отдаленные эффекты); канцерогенность; частота обнаружения вещества в воде; тенденция к росту концентраций вещества в воде при долговременном наблюдении; биоразлагаемость; степень контакта вещества с населением (по численности населения, использующего водоем как источник питьевого водоснабжения или для рекреационных целей).

Эколого-гигиеническая надежность перечня приоритетных показателей повышается, если при его составлении учитываются дополнительные критерии, применение которых требует проведения специальных исследований в научных учреждениях.

Исследования включают определение состава и уровня загрязнения сточных вод с привлечением всех современных методов контроля: хромато-масс-спектрометрии, жидкостной и газовой хроматографии для более полного выявления органических соединений и продуктов их трансформации, атомно - адсорбционной спектрофотометрии для идентификации ионов тяжелых металлов, а также поиск информации о свойствах и биологическом действии веществ в справочных изданиях, в т.ч. выпускаемых Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), и компьютерных банках данных.

К дополнительным критериям относятся: биоаккумуляция; стабильность (резистентность); трансформация с образованием более токсичных соединений; способность к образованию галогенсодержащих соединений при хлорировании; способность к накоплению в донных отложениях; кожно - резорбтивное действие; сравнительная выраженность отдаленных эффектов - канцерогенного, мутагенного, тератогенного, эмбриотоксического, аллергенного и гонадотоксического; комплексность воздействия на население из-за способности вещества к межсредовым переходам.

Дополнительные критерии могут применяться выборочно в зависимости от физико-химических характеристик веществ, состава и свойств сточных вод и воды водных объектов, а также условий водопользования населения региона.

Ориентация на приоритетные для данной территории загрязнения позволяет оптимизировать контроль качества воды водных объектов, сократив число определяемых показателей и сосредоточив основное внимание на веществах, действительно представляющих опасность для здоровья населения.

С использованием методологии оценки риска здоровью населения определяют: территории риска; источники загрязнения с целью оценки долевого вклада в потенциальное ухудшение качества питьевой воды; приоритетные загрязнители, вносящие вклад в риск для здоровья населения; возрастные группы риска.

На основе расчетов риска для здоровья населения в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04) [12], обосновывается перечень веществ, приоритетных с точки зрения влияния на здоровье, для последующего включения их в систему мониторинга. Оценку риска для здоровья при воздействии химических веществ, загрязняющих питьевую воду, необходимо проводить для разных возрастных групп, в том числе детей до 1 года, с учетом возможности использования питьевой воды для приготовления молочных смесей при переходе на искусственное вскармливание.

Полученные данные используются для формирования целей, задач и ожидаемых результатов при разработке и реализации целевых программ, при планировании мероприятий по надзору, определению перечня и объема лабораторных исследований.

В качестве показателей оценки непосредственного результата деятельности принимаются следующие индикативные показатели, характеризующие динамику:

- удельного веса объектов водоснабжения, относящихся к III группе санэпидблагополучия (%);
- удельного веса исследований питьевой воды, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям (%);
- удельного веса исследований питьевой воды, не отвечающих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям (%);
- коэффициента суммарного загрязнения питьевой воды ($K_{\text{воды}}$);

Конечные результаты деятельности могут быть оценены по следующим показателям:

- доля населенных пунктов, обеспеченных питьевой водой, отвечающей гигиеническим нормативам (%);

- снижение индивидуального канцерогенного риска здоровью до верхней границы приемлемого уровня (1×10^{-4});
- снижение коэффициентов (HQ) и индексов опасности (HI) до 1;
- снижение популяционного риска.

Специфика почв как объекта мониторинга, определяется тем, что почвенный покров служит конечным приемником большинства техногенных химических веществ, вовлекаемых в круговорот веществ в биосфере. Обладая высокой емкостью поглощения, почва является аккумулятором загрязняющих веществ, но и в то же время разрушителем токсикантов. Однако возможности почвы, как буферной системы, не безграничны. Аккумуляция токсикантов и продуктов их превращения в почве приводит к изменению её физического, химического и биологического состояния [10].

Опасность загрязнения почвы определяется уровнем ее возможного отрицательного влияния на контактирующие среды (вода, воздух), пищевые продукты и прямо или опосредованно на человека.

Цели и задачи мониторинга почвенного покрова зависят от вида назначения почв. Среди основных задач следует выделить:

- мониторинг уровня загрязнения почвы в зонах воздействия крупных промышленных и энергетических комплексов;
- мониторинг уровня загрязнения почвы в местах и вокруг мест размещения отходов производства и потребления: промышленные площадки временного хранения твердых промышленных отходов, полигоны захоронения или размещения твердых промышленных и бытовых отходов, несанкционированные свалки;
- контроль качества почв при сельскохозяйственном использовании земель: контроль рациональности применения минеральных удобрений и средств защиты растений, контроль плодородия почвы и ее физико-химических показателей (кислотности, щелочности и др.);
- контроль уровня загрязнения почвы в местах наиболее вероятного контакта с ней человека. Нормативными документами определен контроль загрязнения почвы на территориях детских дошкольных учреждений, на территориях лечебно-профилактических учреждений (санатории, больницы).

При определении списка приоритетных показателей для контроля качества почв в первую очередь учитывают специфику назначения ее использования, т.е. назначение земельного фонда: сельскохозяйственного назначения, места захоронения отходов, зоны влияния промышленных предприятий. Исходя из состава отходов, учитывают такие показатели как токсичность веществ и устойчивость в почве, уровень ми-

грации, а в случае сельскохозяйственного использования земель - степень влияния на пищевую ценность сельскохозяйственной продукции.

Отбор проб и контроль качества почвы производится в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».

Мониторинг состояния почвы осуществляется в жилых зонах, включая территории повышенного риска, в зоне влияния автотранспорта, захороненных промышленных отходов (почва территорий, прилегающих к полигонам), в местах временного складирования промышленных и бытовых отходов, на территории сельскохозяйственных угодий, санитарно-защитных зон. Объем исследований и перечень изучаемых показателей при мониторинге определяются в каждом конкретном случае с учетом целей и задач по согласованию с органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Этим документом установлено, что стандартный перечень контролируемых химических показателей включает определение содержания тяжелых металлов (свинец, кадмий, цинк, медь, никель, мышьяк, ртуть), 3,4-бензапирена и нефтепродуктов, рН, а также расчет суммарного показателя загрязнения.

Контроль с использованием расширенного перечня показателей проводится на объектах повышенного риска. В число показателей дополнительно включаются аммонийный азот, нитратный азот, хлориды, фенолы, сернистые соединения, мышьяк, полихлорированные бифенилы, применяемые пестициды и удобрения.

Из числа показателей эпидемической безопасности определяются лактозоположительные кишечные палочки (коли-формы), энтерококки (фекальные стрептококки), патогенные микроорганизмы (по эпидпоказаниям), яйца и личинки гельминтов, цисты кишечных патогенных простейших, личинки и куколки синантропных мух.

При этом перечень показателей определяется в зависимости от функциональных зон и территорий. Выделяют: 1) жилую зону; 2) детские дошкольные и школьные учреждения, игровые площадки, территории дворов; 3) зоны санитарной охраны водоемов; 4) рекреационные зоны (скверы, парки, бульвары, пляжи, лесопарки); 5) транспортные магистрали; 6) промышленные зоны; 7) почвы сельскохозяйственных угодий.

Перечень может быть расширен с учетом особенностей техногенной нагрузки и санитарно-эпидемиологической ситуации.

Отбор проб почвы регламентируется государственными стандартами по общим требованиям к отбору проб, методам отбора и подготовки проб почвы для химического, бактериологического и гельминтологического анализа и методическими указаниями по оценке качества почвы населенных мест.

Все исследования по оценке качества почвы должны проводиться в лабораториях, аккредитованных в установленном порядке.

Для отбора проб почвы, исходя из целей и задач мониторинга, выбирается несколько пробных площадок, причем количество пробных площадок зависит от площади территории. Размер пробной площадки составляет 5 x 5 м. При этом на каждой площадке пробу отбирают из 3-х точек по диагонали, либо из 5-ти точек конвертообразно.

С каждой площадки собирается средняя проба массой 1 кг. Пробы почвы берут с поверхности и до глубины 20 см. с помощью специального совка.

Отбор проб почвы с пробных площадок для химического анализа проводят не менее 1 раза в год, для контроля загрязнения тяжелыми металлами отбор проб проводят не менее 1 раза в три года. Для контроля загрязнения почв детских садов, лечебно-профилактических учреждений и зон отдыха отбор проб почвы проводят не менее 2-х раз в год (весной и осенью).

При контроле загрязнения почв выбросами предприятий промышленности пробные площадки размещают вдоль векторов розы ветров (по 8 направлениям), а при неоднородном рельефе местности пробные площадки располагают по элементам рельефа. При мониторинге составляется схема или план, на который наносят расположение источника загрязнения, пробных площадок и мест расположения точечных проб.

Для контроля состояния почв в зоне влияния промышленного источника загрязнения пробные площадки выбирают на площади, равной 4-х кратной величине санитарно-защитной зоны предприятия. Для целевых исследований крупных источников загрязнения пробные площадки выбирают на расстояниях 0,5 км – 1 км – 2 км – 3 км – 4 км – 6 км – 8 км – 10 км – 20 км – 30 км от источника выброса по 8 направлениям розы ветров. В случае явно выраженной вытянутой розы ветров точку отбора по румбам целесообразно распределять пропорционально повторяемости соответствующих направлений ветра. При этом для направлений с малой повторяемостью ветров целесообразно не принимать во внимание точки отбора на больших расстояниях.

При выборе пробной площадки стремятся обеспечить как можно большую однородность почвы. В случае организации контроля качества почв земель, используемых в сельском хозяйстве, число пробных площадок и контролируемые показатели подбираются исходя из площадей, где применяются те или иные удобрения или ядохимикаты, а также с учетом рельефа местности.

Оценка качества почвы населенных мест основывается также на данных статистических отчетных форм №18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации за ___ год»; 2 тп-отходы «Сведения об образовании, использовании, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления за ___ год»; 9-сх «Сведения о внесении удобрений и проведении работ по химической мелиорации земель за ___ год» и данных лабораторного контроля почвы.

Используя данные мониторинга санитарно-эпидемиологической безопасности почвы, определяются:

- приоритетные загрязняющие вещества, вносящие вклад в риск для здоровья, и потенциальные источники загрязнения;
- территории и объекты риска;
- прогноз риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением почвы.

Оценка непосредственных результатов деятельности проводится путем анализа изменения динамики индикативных показателей:

- удельного веса проб почвы, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям (%);
- удельного веса проб почвы, не отвечающих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям (%);
- удельного веса проб почвы, не отвечающих гигиеническим нормативам по паразитологическим показателям (%);
- суммарного показателя загрязнения почвы (Zс).

С учетом полученных результатов планируется проведение мероприятий по надзору за соблюдением санитарного законодательства хозяйствующими субъектами, осуществляющими сбор, временное хранение, обезвреживание и захоронение отходов производства и потребления. Оценка конечных результатов выражается в:

- снижении индекса опасности, характеризующего величину неканцерогенного риска здоровью;
- снижении показателей индивидуального и популяционного канцерогенного рисков здоровью.

Конкретный набор контролируемых показателей, определяющих

состояние объекта слежения, нуждается в детальном обсуждении и представляет наибольшую сложность, учитывая иерархичность любой экологической (биологической) системы.

В качестве критерия приоритетности системы профилактических мероприятий по сохранению здоровья населения чаще всего выступает теснота причинно-следственных связей неблагоприятных изменений качества среды обитания и ответа организма в виде заболеваемости и преждевременной смертности.

Как правило, такая оценка проводится по общей заболеваемости (смертности), заболеваемости по отдельным классам и нозологиям, а также данным о физическом развитии. Однако, данные показатели вряд ли можно рассматривать как наиболее чувствительные. Кроме того в начальных стадиях воздействия неблагоприятных факторов внешней среды или при низкой их интенсивности, как правило, отсутствуют видимые клинические изменения. Они становятся явными в далеко зашедших случаях и уже трудно поддаются коррекции и лечению.

Поэтому существенное место в информационно-аналитическом и программном обеспечении занимает развитие методов оценки риска воздействия факторов среды обитания на здоровье человека, уточнение их роли в спектре методологии развития системы социально-гигиенического мониторинга (СГМ) в соотношении с методами эпидемиологических исследований.

Существенно важным аспектом в оценке риска здоровью от химических загрязнителей является исходная информация о концентрациях загрязняющих веществ в объектах окружающей среды. Далеко не всегда обеспечивается достаточный для получения объективной картины лабораторный контроль, что связано с большим объемом отбора проб и анализов, наличием методов, их чувствительностью и другими причинами. В этой связи находят успешное применение расчетные методы и методы математического моделирования.

Анализ программного обеспечения в данной предметной области показывает, что в части моделирования загрязнения атмосферного воздуха в современной России получили широкое распространение программные продукты серии «Эколог», разработанные Фирмой «Интеграл» (г. Санкт-Петербург) совместно с НИИ «Атмосфера» и НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.И. Сысина. В их числе унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы, реализующая «Методику расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86), используемая для моделирования концентраций загряз-

няющих веществ в приземном слое воздуха, определения величин вкладов в загрязнение атмосферы отдельных источников, цехов, предприятий, производств; программа «ПДВ – ЭКОЛОГ», автоматизирующая подготовку и выпуск таблиц проектов нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ), программа «ППА» (Прогноз последствий аварий), позволяющая осуществить оперативный и заблаговременный прогноз последствий аварийных выбросов сильнодействующих ядовитых веществ в атмосферу в соответствии с «Методикой прогнозирования масштабов загрязнения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте» (РД-52.04.253-90).

Для реализации информационных технологий управления в социально-гигиеническом мониторинге в настоящее время различными разработчиками создано достаточно обширное программное обеспечение. Это известные автоматизированные системы «Соцгигмониторинг» научно-производственного объединения «Кристалл», «Санитас» /разработчик - фирма «Интелком»/ и другие.

Однако, несмотря на очевидные достоинства данных программных продуктов, их активное внедрение сдерживается следующими факторами:

- высокой их стоимостью;
- необходимостью дальнейшего финансирования со стороны работ по их эксплуатации (обучение персонала, настройка программного обеспечения, оплата работ по его совершенствованию);
- достаточно высокими требованиями к техническим средствам.

Кроме того существующие в настоящее время системы ещё далеки от экспертных систем, рекомендуемых соответствующее управленческое решение по снижению воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения как конечную цель информационной технологии управления, а лишь могут выступать в качестве инструмента подготовки информации для проведения таких исследований и работ.

Вместе с тем оценка риска для здоровья населения является достаточно действенным инструментом для получения данных о приоритетных экологических проблемах, а её роль в мониторинге окружающей среды и социально-гигиеническом мониторинге совместно с использованием информационных технологий управления здоровьем населения и качеством окружающей среды в последующем будет только возрастать.

Достаточно отметить, что исследования, проведенные в рамках функционирования системы мониторинга окружающей среды

г. Воронежа и социально-гигиенического мониторинга, достоверно показали, что к числу важнейших техногенных факторов риска, влияющих на состояние общественного здоровья, следует относить, прежде всего, уровень загрязнения основных природных сред: воздуха, воды, почвы [1, 3, 5, 16, 17].

Существенное значение, кроме того, имеют уровень акустического и электромагнитного фона, архитектурно-планировочные и природно-климатические условия, радиационный фактор [6, 13].

Вместе с тем официальных данных, собираемых в рамках функционирования государственных систем мониторинга, бывает недостаточно для детальной оценки ситуации и обоснования наиболее оптимальных природоохранных решений. В этой связи значительная роль отводится инициативным научно-практическим исследованиям, результаты которых дополняют информационную картину о состоянии окружающей среды и влиянии неблагоприятных техногенных факторов на здоровье населения [8, 18].

Одним из эффективных методов синтеза разнородных данных является использование географических информационных систем (ГИС) - систем сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных.

В настоящее время в предметной области мониторинга окружающей среды и геоэкологии в России ГИС успешно функционируют в ряде городов, при этом используется, как импортное, так и отечественное программное обеспечение [2, 8, 14]. Наиболее широкое распространение получили ArcGIS, MapInfo Professional, ГИС «Карта». ГИС-технологии обеспечивают поддержку обоснования природоохранных решений.

Российские геоинформационные системы получают все большее распространение в таких областях применения как управление природными ресурсами, сельское хозяйство, экология, кадастры, городское планирование. ГИС являются эффективным инструментом для обоснования управленческих решений в предметной области геоэкологии, мониторинга окружающей среды, экологического проектирования.

В рамках применения ГИС для контроля комплексного техногенного воздействия на окружающую среду ведется разработка геоинформационно-аналитических комплексов обеспечения экологического мониторинга отдельных регионов. Примеры подобного подхода к решению проблемы интеграции данных различных природоохранных и медицинских ведомств в рамках регионов и отдельных субъектов Российской Федерации приводятся А.А. Тигеевым [14], Н.О. Гу-

сейновой и др. [2], С.Ф. Мазуровым [9]. Аналогичные работы реализуются и в г.Воронеже – крупнейшем промышленном центре Черноземья с развитой промышленностью, высокой автотранспортной нагрузкой, который является вполне типичным объектом для изучения воздействия техногенных факторов на окружающую среду и здоровье населения [8].

Причем, в настоящее время система мониторинга окружающей среды и состояния здоровья населения в г. Воронеже сочетает в себе применение нескольких подходов: 1) выявление взаимосвязей в системе «среда-здоровье», причин и условий изменения санитарно-гигиенической обстановки, прогноз ситуации на основе методов корреляционно-регрессионного анализа; 2) оценка эколого-гигиенической ситуации на основе комплексных характеристик с последующим гигиеническим ранжированием локальных территорий по остроте проблемных ситуаций; 3) оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков на основе методов, используемых в мировой практике. Такой комплексный подход ориентирован, прежде всего, на обоснование приоритетных природоохранных решений и разработку системы профилактических мероприятий по снижению риска заболеваемости населения [1, 4, 5, 7, 16, 18].

Как известно, стратегия развития системы мониторинга направлена на создание единого межведомственного информационного поля, которое включает данные о состоянии здоровья населения и факторах среды обитания [10]. Инициативные исследования по комплексной экологической оценке состояния городской среды позволяют продвинуться в теоретическом изучении закономерностей формирования зон экологического риска, а также повысить обоснованность и эффективность управленческих решений по обеспечению экологической безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронеж: среда обитания и зоны экологического риска / С.А. Куролап, С.А. Епинцев, О.В. Клепиков и др. – Воронеж: изд-во «Истоки», 2010. – 207 с.
2. Гусейнова Н.О. Экологический мониторинг Дагестана с использованием дистанционного зондирования и ГИС-технологий (на примере г. Махачкалы) / Н.О. Гусейнова, Н.М. Булаева, Б.И. Магомедов, С.Я. Аскеров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2008. – Вып. 5. – Т.2. – С. 477-482.

3. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в городском округе город Воронеж в 2015 году. – Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2016. – 107 с. [<http://www.36rospotrebnadzorf buz.ru>].
4. Ильина И.С. Оценка взаимосвязи уровня загрязнения почвенного покрова и заболеваемости населения / И.С. Ильина, О.В. Клепиков, В.Д. Болдырев // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2015. – Т. 14. – № 1. – С. 177-183.
5. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. – 232 с.
6. Клепиков О.В. Современное состояние окружающей среды на территории города Воронежа / О.В. Клепиков // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2015. – №9. – С. 36-38.
7. Клепиков О.В. Оценка гигиенической и эпидемической безопасности системы водопользования населения / О.В. Клепиков, Л.В. Молоканова, Т.А. Бережнова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2015. – Т. 14. – №3. – С. 667-672.
8. Куролап С.А. Геоинформационно-аналитический комплекс для обеспечения медико-экологического мониторинга г. Воронежа / С.А. Куролап, П.М. Виноградов, О.В. Клепиков // Геоматика. – 2014. – № 3. – С. 43-50.
9. Мазуров С.Ф. Комплексное картографическое обеспечение административно-хозяйственных структур / С.Ф. Мазуров, Л.А. Пластинин // Геодезия и картография. – 2012. – № 2. – С. 30-37.
10. Потапов А.И. Здоровье населения и проблемы гигиенической безопасности / А.И. Потапов, И.Л. Винокур, Р.С. Гильденскиольд. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 304 с.
11. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (РД 52.04.186-89). - М. : Минздрав СССР, 1991. - 768 с.
12. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920 – 04). – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
13. Стёпкин Ю.И. Гигиеническая оценка доз облучения населения Воронежской области от источников ионизирующего излучения / Ю.И. Стёпкин, М.К. Кузмичёв, О.В. Клепиков, И.В. Кухтина // Гигиена и санитария. – 2015. – №9. – С. 39-41.
14. Тигеев А.А. Структура региональной экологической ГИС Тюменской области / А.А. Тигеев // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2009. – №10. – С. 210-213.

15. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 29.12.2015) : Электронный ресурс (<http://www.consultant.ru>).

16. Хорпякова Т.В. Оценка риска техногенного загрязнения атмосферы урбанизированных территорий / Т.В. Хорпякова, О.В. Клепиков, С.А. Куролап. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. – 149 с.

17. Чубирко М.И. Химическое воздействие воздушной среды и здоровье населения / М.И. Чубирко, Н.М. Пичужкина; Под ред. академика РАМН, проф. А.И. Потапова. – Воронеж: Изд-во «Истоки», 2004. – 224 с.

18. Эколого-географический атлас-книга Воронежской области / Под ред. проф. В.И. Федотова. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 514 с.

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ: ПОДХОДЫ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

С.А. Куролан, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов

Современные промышленно развитые города являются центрами острейших экологических проблем, а мониторинг и картографирование экологического состояния городской среды служат важными инструментами территориального планирования и обеспечения экологической безопасности. На рубеже XX-XXI веков уплотнение городской застройки в крупных промышленных центрах, рост загрязнения атмосферы и почвы способствовали снижению качества городской среды, что проявилось в ответных реакциях угнетения развития древесных растений и росте заболеваемости населения. Накопленный опыт исследований в области урбоэкологии и экогеохимии городских ландшафтов в сочетании с концепцией экологического риска показывает актуальность количественной оценки зависимостей «доза-эффект» для широкого спектра факторов, формирующих экологическую ситуацию и общественное здоровье крупных городов.

Теоретические подходы к изучению данной проблемы обоснованы во многих трудах отечественных и зарубежных ученых в области урбоэкологии, экогеохимии и медицинской географии [1, 5, 7, 9], что позволило обосновать современный рискологический подход в проблеме «среда - здоровье», ориентированный на выявление и количественную оценку факторов экологического риска и минимизацию их негативного эффекта воздействия на биоту и население. Особенностью этой методологии является то, что для оценки «здоровья среды» используются не только экосистемные и популяционные показатели как таковые, но и индикаторные показатели состояния различных депонирующих сред и живых организмов. Известно, что уровень популяционного здоровья находится в определенной зависимости от факторов риска, прежде всего, от присутствия в среде обитания потенциально опасных химических веществ и других вредных экологических факторов. Состояние окружающей среды, организмов-биоиндикаторов и здоровье человека, оцененные по различным диагностическим параметрам с использованием альтернативных и взаимодополняющих методов, являются «откликом» на неблагоприятные антропогенные воздействия, т.е. критериями качества или «здоровья среды».

Эти проблемы актуальны для многих крупных промышленных центров России, в том числе и города Воронежа. В 2015г. опубликована монография, иллюстрирующая некоторые итоги многолетних исследований ученых ВГУ и Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области на территории города Воронежа по оценке риска для здоровья населения от воздействия неблагоприятных экологических факторов и медико-экологическому зонированию городской среды [4]. Эти исследования базируются преимущественно на ведущих факторах экологического риска, в частности, аэротехногенных, почвенно-геохимических, что является основой осуществления интегральной экологической оценки связей в системе «атмосфера - почва - биота - здоровье населения».

Целью настоящей работы является дальнейшее совершенствование и апробация подходов к интегральной оценке экологического состояния территории крупного промышленного центра с применением современных геоинформационных технологий. В качестве модельного города выбран Воронеж – крупнейший промышленно развитый город Центрального Черноземья с населением более 1 млн. человек.

Материалы и методы

В работе применялись методы экогеохимических, биоиндикационных, геоинформационных исследований, оценки экологического риска для здоровья населения. Интегрирующим инструментом для комплексной оценки и картографирования экологической ситуации городской среды служат методы вероятностно-статистического анализа в MS EXCEL и STADIA, а также геоинформационно-аналитические технологии в среде MapInfo Professional 9.0.

Авторами разработан автоматизированный геоинформационно-аналитический комплекс для обеспечения экологического мониторинга на территории города Воронежа («ЭКОГИС г.Воронежа»), включающий подсистемы хранения эколого-геохимических и медико-географических данных, а также программно-алгоритмическое обеспечение оценки экологических рисков. Основными принципами создания специализированного ГИС-комплекса являются системность организации разнообразных экологических данных, «привязка» к существующей системе экологического контроля, автоматизация процедур анализа данных и расчета экологических рисков, а также возможность оперативного геоинформационного картографирования. Исходные данные для создания «ЭКОГИС г.Воронежа» получены в

ходе натуральных экспериментальных исследований авторов (анализы снежного покрова, выполненные в аттестованной эколого-аналитической лаборатории ВГУ, предоставлены доцентом Т.И. Прожориной), а также предоставлены региональными природоохранными и мониторинговыми ведомствами города (Управления Росприроднадзора и Роспотребнадзора по Воронежской области). Структура созданной ГИС показана на рисунке 1.

Базовым временным периодом для оценки качества городской среды выбран 7-летний период (2009-2015гг.). В качестве операционных территориальных единиц (ОТЕ) выбраны три уровня генерализации информации: 1) функционально-планировочные зоны города (6 зон и фон, всего 7 территориальных единиц); 2) районы обслуживания детских поликлиник города (12 территорий); 3) специальные пункты мониторинга состояния городской среды (75 пунктов, включающих стационарные и передвижные посты контроля воздуха системы гидрометслужбы, санитарно-эпидемиологической службы, а также дополнительно выбранные нами пункты мониторинга для равномерного охвата территории города системой контроля).

Анализ формирования зон техногенного загрязнения городской среды проведен по двум основным направлениям: 1) оценка статистического влияния параметров промышленно-транспортной нагрузки на концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, снеге, почве; 2) анализ связи загрязнения почвы с загрязнением атмосферы, снежного покрова путем сопоставления индексов загрязнения этих сред по репрезентативным пунктам экологического мониторинга.

Все объекты цифровой карты г.Воронежа дифференцированы на следующие основные тематические слои: 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: «ЦИ» - центральная историческая часть города, включая разноэтажную общественно-деловую застройку и «старую» 5-ти-этажную застройку 50-х – 70-х гг. прошлого столетия; «СП» - кварталы с современной многоэтажной застройкой в основном от 9 этажей и выше периода 80-х гг. прошлого – начала нынешнего столетия; «ЧС» - «частный сектор»: преимущественно малоэтажная и коттеджная жилая застройка); 4) «Пр» - промышленные зоны (площади, занятые промышленными предприятиями и территориями их санитарно-защитных зон);

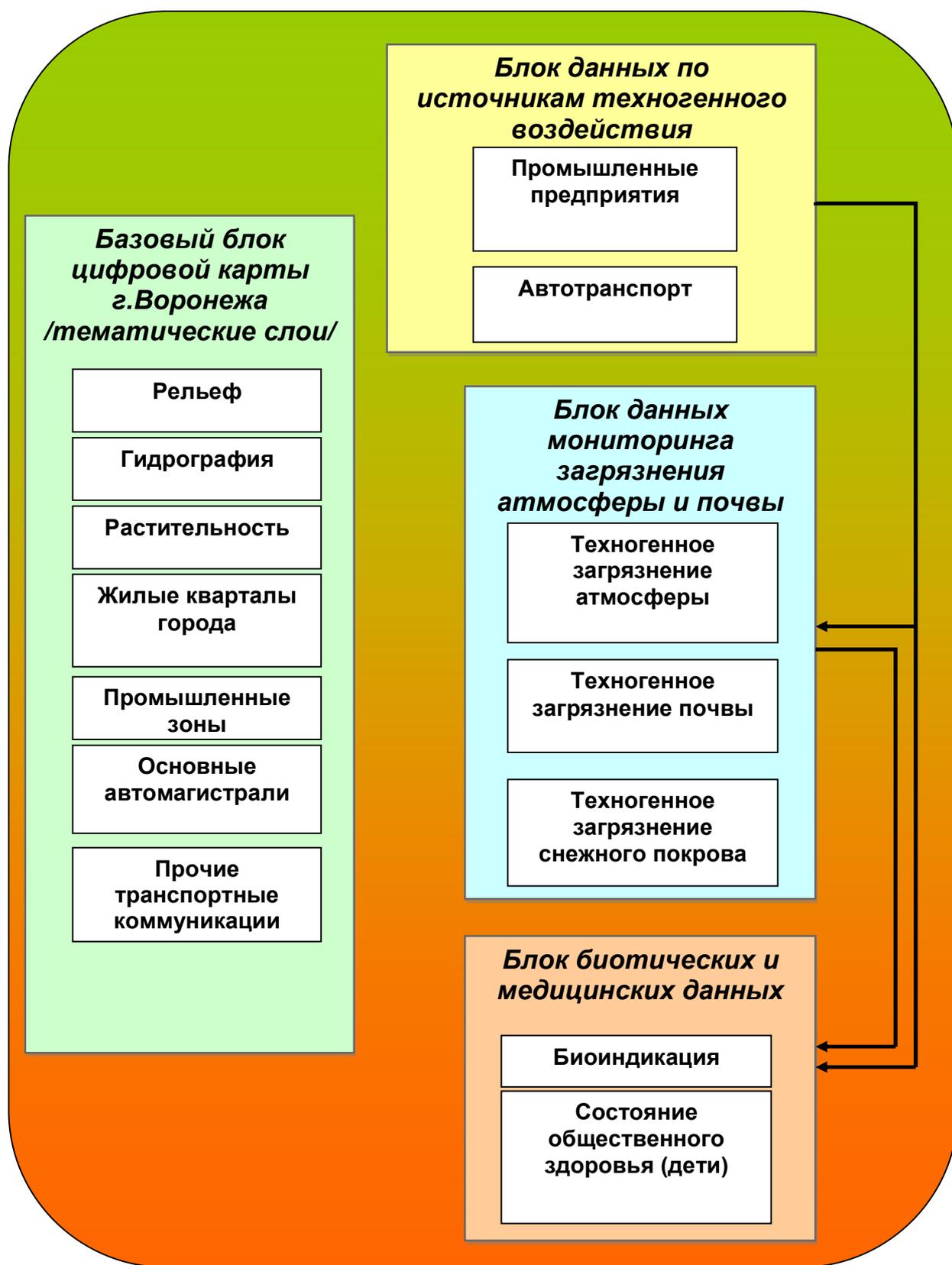


Рис.1. Структура базы данных для интегральной экологической оценки состояния городской среды

5) «Тр» - транспортные зоны, включающие основные автомагистрали (наиболее крупные и загруженные транспортом улицы) с прилегающей придорожной полосой; 6) «Р» - ландшафтно-рекреационно-селитебные зоны, охватывающие садово-парковые и окраинные «спальные» микрорайоны. В качестве фона («Ф») выбраны пригородные территории вне городской застройки. 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 гигиеническими подходами, изложенными в нормативном документе «Р 2.1.10.1920 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [6]. Для расчета уровней рисков применялись формулы (1) и (2).

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

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

где ADD – средняя суточная доза в течение жизни, мг/(кг*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 (мг/м³); RfC – референтная (безопасная) концентрация, (мг/м³).

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 с учетом класса опасности веществ, а средневзвешенный индекс экологической опасности предприятия определялся аналогично подходу К.А. Буштуевой [2], используемому для расчета суммарного индекса загрязнения атмосферы $K_{атм}$, по формуле (3) :

$$K_{атм} = \left(\frac{C_1}{N_1 * ПДК_{C_1}} + \frac{C_2}{N_2 * ПДК_{C_2}} + \dots + \frac{C_n}{N_n * ПДК_{C_n}} \right) t \quad (3)$$

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 штилей, %; $P_o = 12,5$ %.

Используя весовые константы, применили следующую формулу (4):

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

Отдельно определяли индекс опасности выбросов канцерогенных загрязняющих веществ (СR) – 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 работе Г.Г. Онищенко, Рахманин с соавт., 2002 [6].

2. Оценка потенциальной опасности автотранспортных вкладчиков. Сначала по каждой из основных улиц города с учетом её категории [8] была определена среднегодовая интенсивность движения транспортных средств. Далее по справочнику улиц определены индексы потенциальной опасности выбросов от автотранспортных средств: индекс потенциальной опасности выбросов легковыми автотранспортными средствами / $I_{лгк}$ / - ранговые показатели в зависимости от интенсивности движения автотранспорта по улицам различных категорий; 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 (5):

$$I_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (I_{прм} + I_{CR} + I_{атм}) \quad (5)$$

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

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 (пример пространственного распределения эмиссионной нагрузки представлен на рисунке 2).

Для оценки ответных реакций биоты на техногенное загрязнение нами применены специальные биоиндикационные методы исследования. При этом в качестве наиболее массовых видов древесных растений-биоиндикаторов были выбраны 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 позволил рассчитать интегральный показатель стабильности развития. В качестве биоиндикационных критериев оценивались различные морфометрические показатели листовых пластинок названных видов в различных функциональных зонах города.

Для анализа внутренних взаимосвязей в системе «атмосфера - снег - почва - биота - здоровье населения», а также оценки зависимости заболеваемости детского населения от параметров техногенного загрязнения городской среды применен стандартный корреляционно-регрессионный анализ с охватом данных по территориальным поликлиникам города и с формально-территориальной интерполяцией по специально выбранным пунктам мониторинга городской среды.

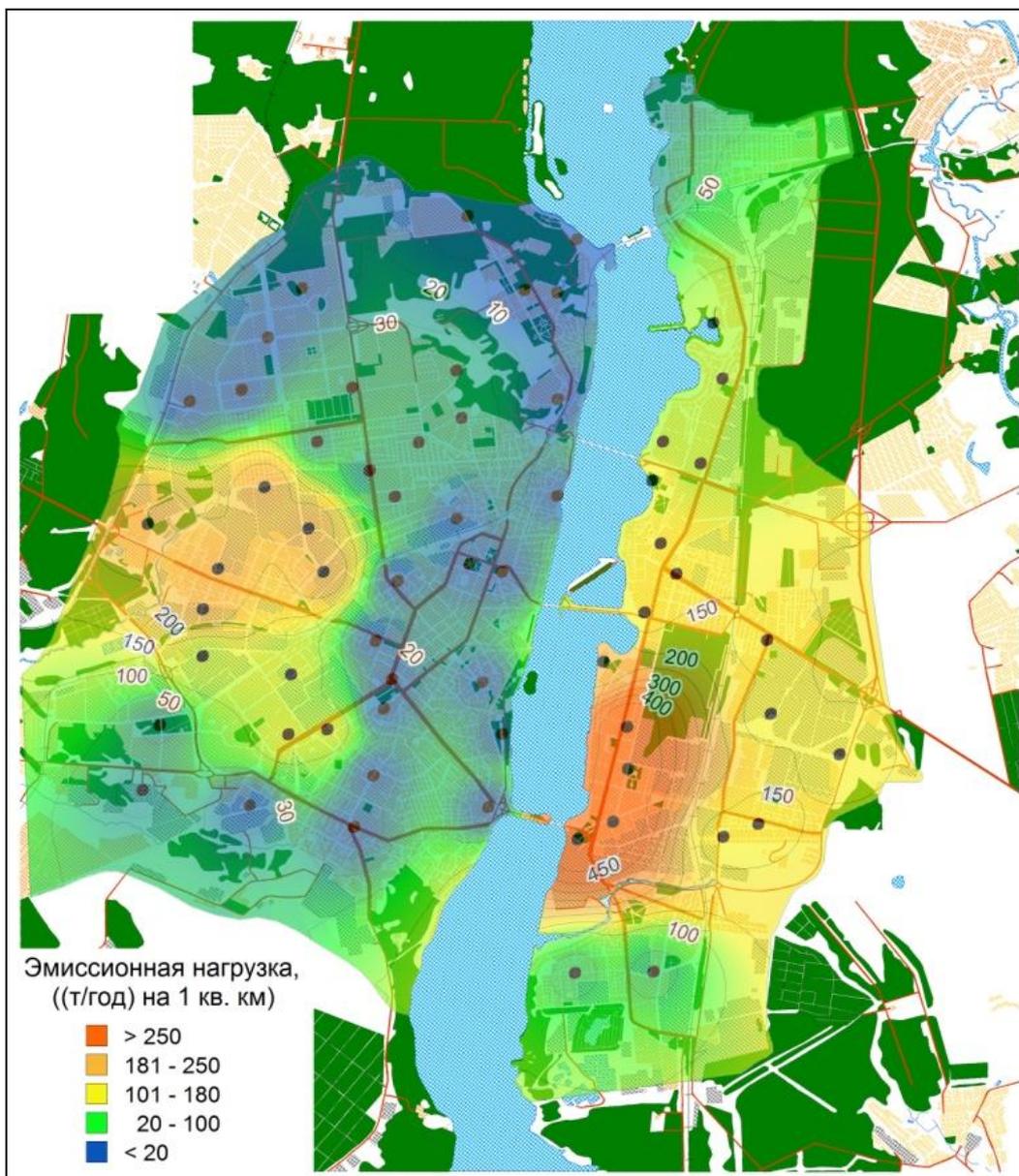


Рис. 2. Показатель суммарной эмиссионной нагрузки выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников (т/год на 1 км²)

Результаты и их обсуждение

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 большинству критериев), причем наиболее устойчивые связи отмечаются по наиболее массовым 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 таблице 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 **
Индекс интегральной промышленно-транспортной нагрузки (I_{Σ})	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
		почва (СПЗ)	0,49
Коэффициент суммарной автотранспортной нагрузки ($T_{\text{атн}}$)	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 (r) > 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: сажу и формальдегид в атмосфере, азотистые соединения в снеге, суммарный показатель загрязнения почвы подвижными формами тяжелых металлов - свинца, цинка, меди, кадмия.

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 ($r=0,77$).

Проведенные биоиндикационные исследования по методике В.М. Захарова, Д.М. Кларка [3] с использованием шкалы оценки благоприятности условий произрастания видов показали, что зоны, в которых выявлены неблагоприятные условия, отмечаются вблизи промышленных предприятий и крупных транспортных магистралей, что наиболее отчетливо проявляется в левобережном секторе города вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» и ТЭЦ-1. Наиболее благоприятные показатели качества среды отмечаются в зоне рекреации и в жилой зоне частного сектора. Большей же части территории города соответствует средний уровень отклонений от условной нормы, характеризующий умеренную степень техногенного загрязнения городской среды.

Соотношение биоиндикационных показателей по функционально-планировочным зонам показано на рисунке 3.

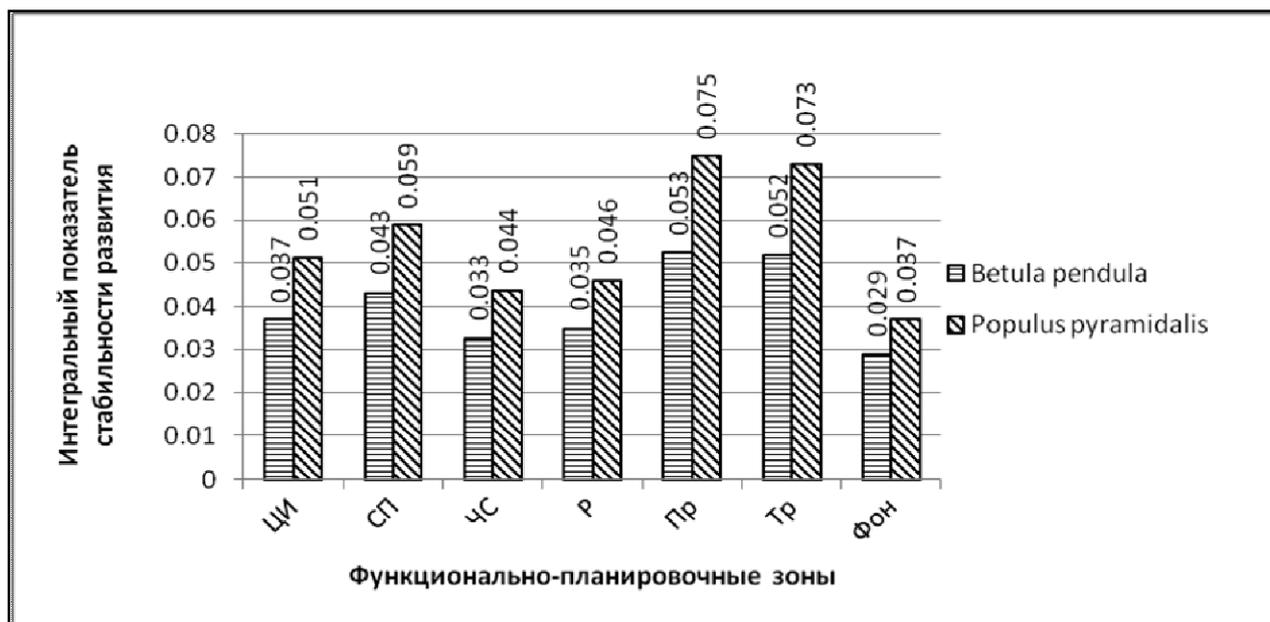


Рис. 3. Интегральный показатель стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*) и тополя пирамидального (*Populus pyramidalis*)

В целом величина отклонения интегрального показателя стабильности развития от физиологической нормы достоверно выше в левобережной части города, что объясняется как концентрацией здесь многих объектов промышленно-производственного комплекса, так и

особенностями низменного рельефа местности, не способствующими самоочищению атмосферы.

Проведенный выборочно-статистический анализ биоиндикационных признаков позволяет сделать вполне достоверный вывод о том, что данные о качестве среды, полученные на основе расчета флуктуирующей асимметрии, в целом согласуются с имеющейся информацией о концентрации различных поллютантов в атмосферном воздухе, а также со схемой расположения основных промышленных источников загрязнения городской среды.

Количественная оценка воздействия критериев промышленно-транспортного прессинга и экогеохимических показателей качества атмосферы, снега и почвы в целом показала преобладание положительных корреляций (около 60 % случаев), подтверждающих увеличение частоты заболеваний детей, проживающих в районах, более техногенно нагруженных. В число приоритетных факторов риска здоровью по общему удельному весу положительных значимых корреляций вошли коэффициент эмиссионной нагрузки выбросов канцерогенных веществ, но особенно – индексы автотранспортной загруженности. В таких районах у детей, как правило, выше уровень заболеваемости по ряду болезней (врожденные аномалии, новообразования, эндокринная патология и болезни мочеполовой сферы). Большинство корреляций статистически достоверны.

Среди индикаторных параметров химического загрязнения снежного покрова следует отметить те, которые отражают общее промышленно-транспортное загрязнение: общая минерализация, азотистые соединения, ионы хлора, а также наличие свинца в талом снеге.

По приоритетным факторам риска построена многофакторная модель (формула 6), отражающая эффект суммарного влияния 5 факторов риска на общую заболеваемость детского населения (множественная корреляция $R = +0,82$):

$$Y = - 88,34 - 25,18(X1) + 0,0037(X2) + 545,59(X3) + 4,70 (X4) + 8,93 (X5) \quad (6)$$

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

Оценка канцерогенного риска для здоровья населения, проведенная по результатам лабораторных исследований качества атмосферного воздуха, показала, что неприемлемые уровни индивидуального канцерогенного риска (более $1 \cdot 10^{-4}$) отмечаются по воздействию оксида хрома (VI) и 1,3-бутадиена в основном в Левобережном секторе города вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук», где до сих пор жилая зона частично внедряется в санитарно-защитную зону предприятия, обуславливая повышенную канцерогенную опасность для населения.

В целом в промышленной функциональной зоне отмечаются наибольшие значения суммарного индивидуального канцерогенного риска для детского населения, достигающие $4,38 \cdot 10^{-4}$ (табл. 2).

Таблица 2

Индивидуальный канцерогенный риск (CR)

Функционально-планировочная зона	Индивидуальный канцерогенный риск (CR)						
	формальдегид	свинец	сажа (углерод)	оксид хрома VI	1,3-бутадиен	стирол	ΣCR (CI)*
Промышленная	$5,01 \cdot 10^{-6}$	$5,50 \cdot 10^{-8}$	$8,93 \cdot 10^{-6}$	$1,18 \cdot 10^{-4}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-8}$	$4,38 \cdot 10^{-4}$
Транспортная	$5,05 \cdot 10^{-6}$	$5,86 \cdot 10^{-8}$	$4,97 \cdot 10^{-6}$	$8,28 \cdot 10^{-5}$	$2,89 \cdot 10^{-4}$	$1,20 \cdot 10^{-8}$	$3,82 \cdot 10^{-4}$
Жилая (СП)	$1,48 \cdot 10^{-6}$	$4,90 \cdot 10^{-8}$	$6,51 \cdot 10^{-6}$	$7,35 \cdot 10^{-5}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-8}$	$3,88 \cdot 10^{-4}$
Жилая (ЦИ)	$2,39 \cdot 10^{-6}$	$4,90 \cdot 10^{-8}$	$6,55 \cdot 10^{-6}$	$9,07 \cdot 10^{-5}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$	$1,35 \cdot 10^{-8}$	$4,06 \cdot 10^{-4}$
Жилая (ЧС)	$2,76 \cdot 10^{-6}$	$5,13 \cdot 10^{-8}$	$6,05 \cdot 10^{-6}$	$8,82 \cdot 10^{-5}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-8}$	$4,03 \cdot 10^{-4}$
Селитебно-рекреационная	$7,08 \cdot 10^{-6}$	$4,90 \cdot 10^{-8}$	$5,96 \cdot 10^{-6}$	$7,35 \cdot 10^{-5}$	$2,89 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-8}$	$3,69 \cdot 10^{-4}$
Фон	$4,28 \cdot 10^{-6}$	$4,90 \cdot 10^{-8}$	$5,96 \cdot 10^{-6}$	$7,35 \cdot 10^{-5}$	$3,06 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-8}$	$3,86 \cdot 10^{-4}$

*) суммарный индивидуальный канцерогенный риск.

При оценке хронического ингаляционного воздействия установлено, что коэффициенты опасности, характеризующие неканцерогенный риск, превышали приемлемый уровень ($HQ > 1$) по 4 веществам: оксиду серы IV, оксиду азота IV, формальдегиду, взвешенным веществам. Наиболее значительный неканцерогенный риск обусловлен присутствием в атмосферном воздухе формальдегида (табл. 3).

Таблица 3

Неканцерогенный риск (коэффициенты опасности при оценке хронического ингаляционного воздействия, HQ)

Вещество*	Функционально-планировочные зоны*						
	про- мыш- лен- ная	транс- порт- ная	жилая (СП)	жилая (ЦИ)	жилая (ЧС)	рек- реа- цион- ная	фон
Оксид углерода	0,49	0,48	0,35	0,47	0,35	0,23	0,20
Оксид серы IV	1,38	1,44	0,71	0,50	0,81	0,36	0,28
Оксид азота IV	1,26	1,62	0,57	0,90	0,50	0,29	0,14
Формальдегид	3,11	3,14	0,92	1,49	1,71	0,44	0,27
Пыль (взвешенные вещества)	2,13	2,00	0,73	1,55	1,12	0,50	0,31
Свинец	0,22	0,24	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20
Сажа (углерод)	0,99	0,55	0,72	0,72	0,67	0,66	0,66
Фенол	0,58	0,49	0,22	0,29	0,22	0,12	0,11
Оксид железа III	0,04	0,02	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00
Озон	0,87	0,35	0,22	0,33	0,29	0,24	0,22
Стирол	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00

**) жирным шрифтом выделены наиболее опасные ситуации.*

При оценке однонаправленного воздействия веществ установлено, что неприемлемый уровень неканцерогенного риска ($HI > 1$) характерен для потенциального развития патологий органов дыхания, кроветворной системы, центральной нервной и иммунной систем (рис. 4.).

Превышения приемлемого уровня неканцерогенного риска ($HI > 1$) выявлены по следующим органам и системам: а) в промышленной зоне – по болезням органов дыхания (HI – до 9,50), неблагоприятному воздействию на иммунную систему (HI – до 5,24), болезням центральной нервной системы (HI – до 1,29); б) в транспортной зоне – по болезням крови (HI – до 2,34).

В целом по суммам коэффициентов опасности (ΣHQ), характеризующих неканцерогенный риск при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ, неблагополучие наиболее выражено в промышленной и транспортной функционально-планировочных зонах, риски здоровью в которых выше фонового уровня в 4,6 и 4,3 раза соответственно (рис. 5).

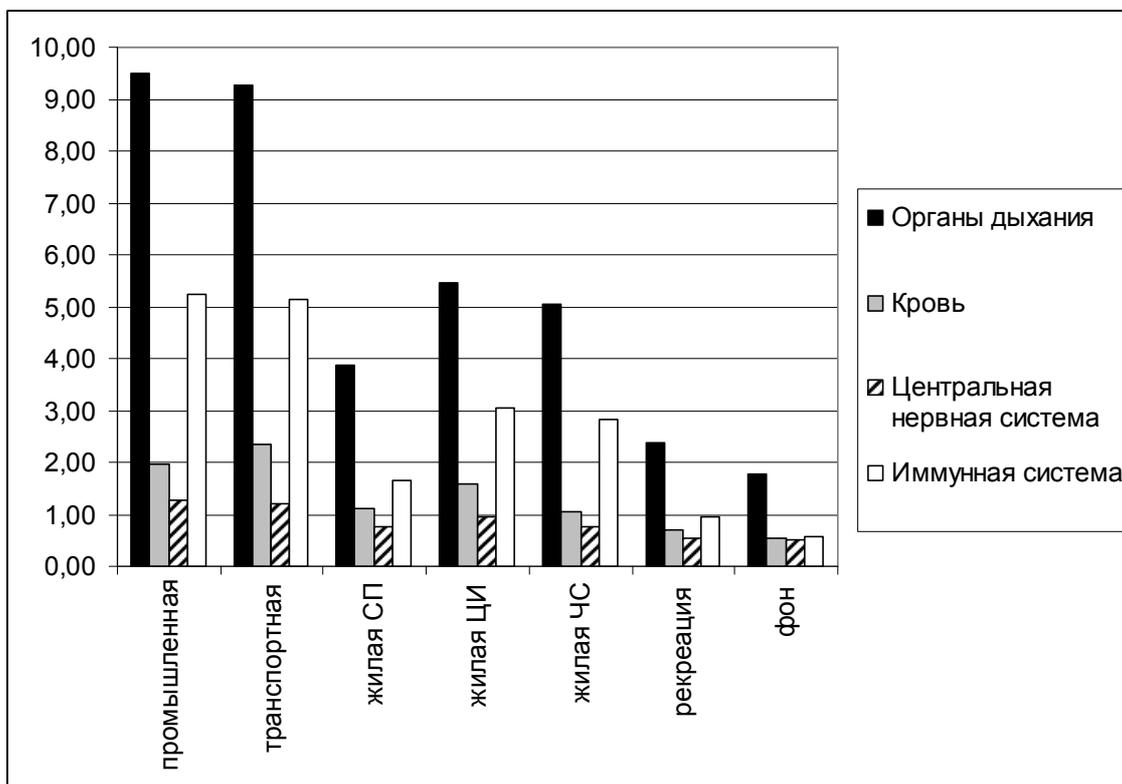


Рис. 4. Неканцерогенный риск, обусловленный однонаправленным воздействием загрязняющих веществ на критические органы и системы организма человека (индекс опасности - HQ)

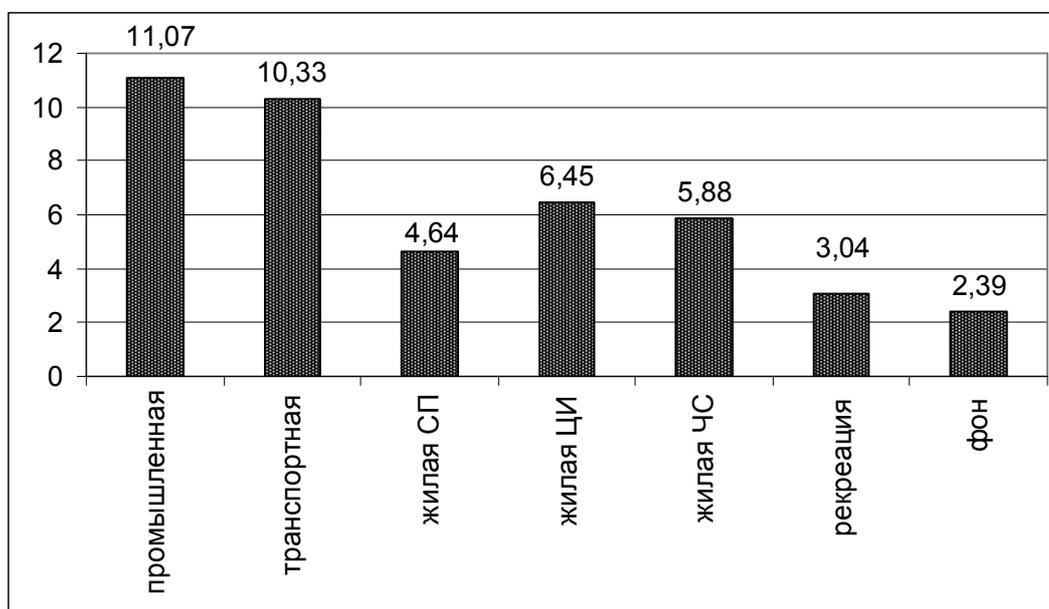


Рис. 5. Сумма коэффициентов опасности (ΣHQ), характеризующих неканцерогенный риск при хроническом ингаляционном воздействии

Основные геохимические критерии экологического состояния городской среды показаны в таблице 4. По совокупности частных по-

казателей экологического состояния городской среды и здоровья детского населения в итоге нами рассчитан интегральный оценочный балл путем вычисления средневзвешенного балла, характеризующего степень медико-экологической напряженности территории.

Интегральная оценка экологического состояния районов детских поликлиник города проведена по системе выявленных индикаторных показателей техногенного загрязнения, общей заболеваемости детей и «отклика» древесных растений. Применили два статистических метода для сравнения: а) метод взвешенных баллов (табл. 5) и б) кластерный анализ (табл. 6, рис. 6).

Таблица 4

Основные геохимические критерии экологического состояния функционально-планировочных зон г.Воронежа

Функционально-планировочные зоны	Атмосфера (вещества - мг/м ³)				Снег			Почва	
	оксид серы IV	формальдегид	фенол	K _{атм}	pH	минерализация, (мг/л)	NO ₃ ⁻ (мг/л)	свинец (мг/кг, подв.)	СПЗ *
Жилая (СП)	0,071	0,037	0,072	0,48	6,03	123,9	8,10	2,26	29,8
Жилая (ЦИ)	0,050	0,069	0,101	0,66	6,27	109,5	8,69	2,99	23,4
Жилая (ЧС)	0,081	0,083	0,071	0,55	5,72	112,9	3,25	2,71	18,0
Промышленная (Пр)	0,138	0,179	0,251	1,05	6,11	135,0	9,73	2,45	52,9
Транспортная (Тр)	0,144	0,181	0,202	0,97	6,55	143,5	17,30	3,92	66,0
Селитебно-рекреационная (Р)	0,036	0,014	0,032	0,31	5,74	116,0	5,80	2,02	12,2
Фон	0,028	0,007	0,029	0,26	5,39	104,5	1,56	2,00	16,1

*) СПЗ - суммарный показатель загрязнения почвы тяжелыми металлами.

Статистический метод взвешенных баллов удобен для объединения множества экологических признаков, типизации территории, когда целесообразно выделить один ведущий фактор (в нашем случае – заболеваемость населения).

Таблица 5

Типизация территории города Воронежа по интегральному риску экологически обусловленных заболеваний детского населения (статистический метод взвешенных баллов)

Поли-кли-нические рай-оны	Критерии медико-экологической напряженности*							Индекс рис-ка***
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	
1	0,96	1662	0,52	131,6	29,6	0,053	977,6	3,66
2	0,24	3197	0,70	136,1	29,2	0,041	1227,5	5,06
3	3,18	2228	0,76	152,5	44,8	0,048	1535,0	8,33
4	0,001	1001	0,50	113,0	16,1	0,046	868,5	1,27
5	1,10	1395	0,75	118,4	59,5	0,049	1491,0	5,87
6	2,63	595	1,13	118,9	52,8	0,043	1441,6	5,23
7	5,46	1643	0,86	116,2	57,2	0,056	1546,1	8,33
8	2,44	1592	0,94	142,0	50,2	0,063	1295,2	7,42
9	5,18	1226	0,77	117,9	39,4	0,059	926,3	4,26
10	1,15	2588	0,72	120,1	52,1	0,054	1050,2	6,21
11	0,04	1943	0,89	121,4	38,3	0,044	1506,4	8,20
1-СХИ	0,00	359	0,38	113,6	13,3	0,033	821,1	0,60

*расчетные параметры весовой значимости переменных***

<i>r</i>	0,30	0,27	0,73	0,34	0,73	0,10	1,00	R=0,89
<i>P</i>	0,41	0,37	1,00	0,46	1,00	0,14	1,36	

*) X1 - коэффициент эмиссионной нагрузки выбросов канцерогенов (т/год на 1 км²); X2 - общая интенсивность движения автотранспорта (авт/час на 1 км²); X3 - комплексный показатель загрязнения атмосферы (K_{амв}); X4 - показатель общей минерализации снежного покрова (мг/л); X5 - суммарный показатель загрязнения почвы тяжелыми металлами (СПЗ); X6 – средний показатель стабильности развития видов (березы повислой и тополя пирамидально-го); Y – ведущий критерий (общая заболеваемость детского населения).

**) *r* – корреляция с ведущим фактором; *P* – отношение расчетного коэффициента корреляции к максимальному по факторам риска (0,73); *R* – коэффициент множественной корреляции между Y и (X1...X6).

***) Индекс медико-экологического риска, рассчитываемый по формуле (где X1...X6, Y - выражены ранговыми значениями по каждой переменной: 1 – минимальное число, 12 – максимальное число):

$$Y = 0,143*(0,41*X1+0,37*X2+X3+0,46*X4+ X5+0,14*X6+1,36*Y)$$

Тогда с помощью коэффициентов взвешивания, основанных на корреляционных взаимоотношениях других признаков (факторов риска) с ведущим фактором, определяются добавочные поправки на «значимость» признаков. В итоге рассчитывается интегральный оценочный балл («гипотетический фактор») путем вычисления средне-взвешенного балла, характеризующего интенсивность проявления исследуемого процесса (например, степень медико-экологической напряженности территории по совокупности частных показателей экологического состояния и здоровья населения). Результаты расчетных процедур показаны в таблице 5.

В результате применения данного метода определен ранг медико-экологической напряженности для каждого поликлинического района. Наиболее высокая медико-экологическая напряженность отмечена на правом берегу – на территории 3 поликлиники, а на левом берегу – в промышленно-транспортном районе 7 детской поликлиники. По большинству медико-экологических критериев наиболее безопасны с экологической точки зрения два окраинных «спальных» микрорайона – в районе Агроуниверситета (1–СХИ) и юго-западной окраины (4 детская поликлиника).

Кластерный анализ (метод многомерной статистики) позволил классифицировать поликлинические районы по сходству проявления, как факторов техногенного загрязнения, так и биотических, медико-экологических критериев. Результаты классификации показаны в таблице 6.

Кластерный анализ, основанный на равенстве всех анализируемых признаков, позволил классифицировать поликлинические районы по сходству проявления как факторов техногенного загрязнения, так и биотических, медико-экологических критериев. Результаты классификации показаны на дендрограмме сходства (рис. 6) и на примере выделенных однородных кластерных групп районов (табл. 6).

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 промышлен-

ных и транспортных зон, которые плотно сконцентрированы и перемежаются, создавая локальные очаги экологического неблагополучия для биоты и населения.

Таблица 6

Результаты кластерной классификации поликлинических районов

Кластеры	Номера объектов (поликлиник)	Обобщенная характеристика кластерной группы
(среднее внутрикластерное расстояние =2,90)		
1	4*, 1-СХИ	условно-чистая зона (наиболее экологически безопасная для городской биоты и населения) – зона низкого риска
2	1, 2*, 5, 9, 10	территория типичной городской инфраструктуры с преобладанием жилой застройки в территориальном балансе; умеренно техногенно загрязненная; с пониженной заболеваемостью детей и слабыми биотическими реакциями древесных растений – зона умеренного риска
3	8*	промышленно-транспортная загрязненная зона с максимальной техногенной нагрузкой на воздушный бассейн и почву; наиболее неблагоприятная для обитания древесных растений, но незначительно повышенной заболеваемостью детей (компенсированное состояние) – зона повышенного риска
4	3, 6, 7, 11*	техногенно загрязненная зона с повышенной канцерогенной опасностью и высокой заболеваемостью детей при слабых биотических реакциях древесных растений (зона риска, вызывающего опасение для населения) – зона повышенного риска

*) наиболее типичный член группы.

Более детально примененный метод позволил выделить 4 группы районов, различающихся по сочетаниям диагностических признаков: условно-чистую зону, территорию типичной городской инфраструктуры смешанного типа по функционально-планировочной организации (умеренного риска) и две зоны техногенно загрязненные, но различающиеся по сочетанию факторов промышленно-транспортного загрязнения и ответным реакциям биоты и населения (повышенного риска). Качественные и количественные различия этих зон отражены в таблице 7.

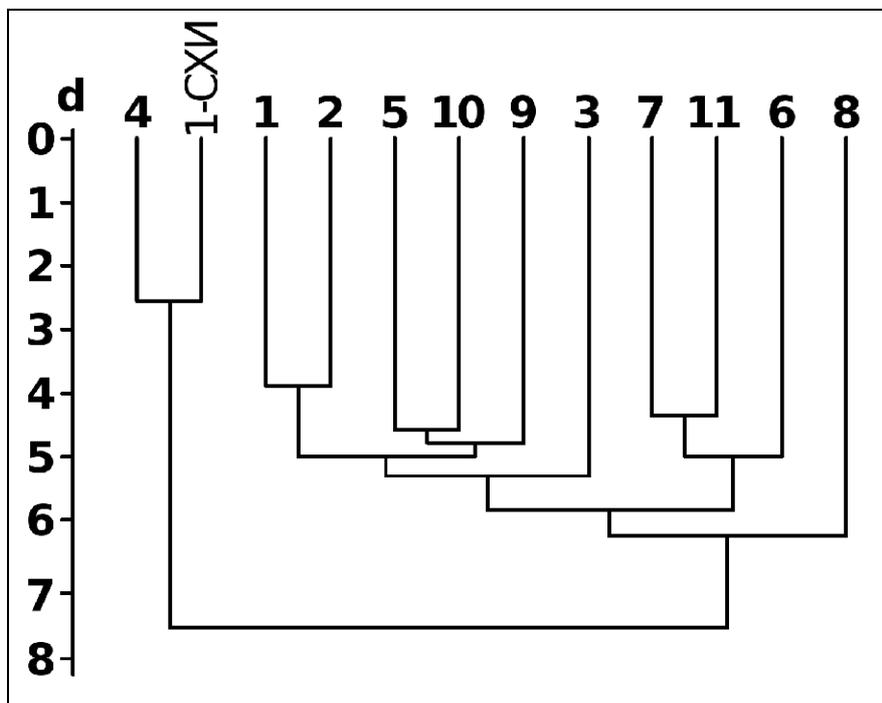


Рис. 6. Кластерная дендрограмма сходства поликлинических районов по медико-экологическим критериям (X1...X6, Y - см. табл. 5); d - дистанционный коэффициент, характеризующий среднее внутрикластерное расстояние

Несмотря на отдельные различия в системе типизации районов, в целом оба метода подтвердили вполне закономерную обусловленность уровня общественного здоровья и биотических реакций растений характером техногенного загрязнения городской среды.

Таблица 7

Средние значения факторов риска и критериев состояния биоты, заболеваемости детей по однородным группам поликлинических районов*

Клас-теры	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	Индекс риска
1	0,0003	680	0,44	113,3	14,7	0,040	844,8	0,94
2	1,73	2013	0,69	124,8	41,9	0,051	1134,5	5,01
3	2,44	1592	0,94	142,0	50,2	0,063	1295,2	7,42
4	2,83	1602	0,91	127,3	48,3	0,048	1507,3	7,52

*) наименования признаков соответствуют таблице 5.

Завершающим элементом интегральной оценки стало создание карт, отражающих градиентные различия индексов экологического риска с обработкой данных по наиболее репрезентативным пунктам мониторинга среды обитания – в формате детских поликлиник (рис.

7) и по пунктам мониторинга без учета границ поликлиник (рис. 8). Построенные разными способами карты иллюстрируют территориальные различия, достигающие примерно 3-х кратного уровня по расхождениям индексов риска в благополучных окраинных микрорайонах и территории общественного центра, а также промышленно-транспортных зон города.

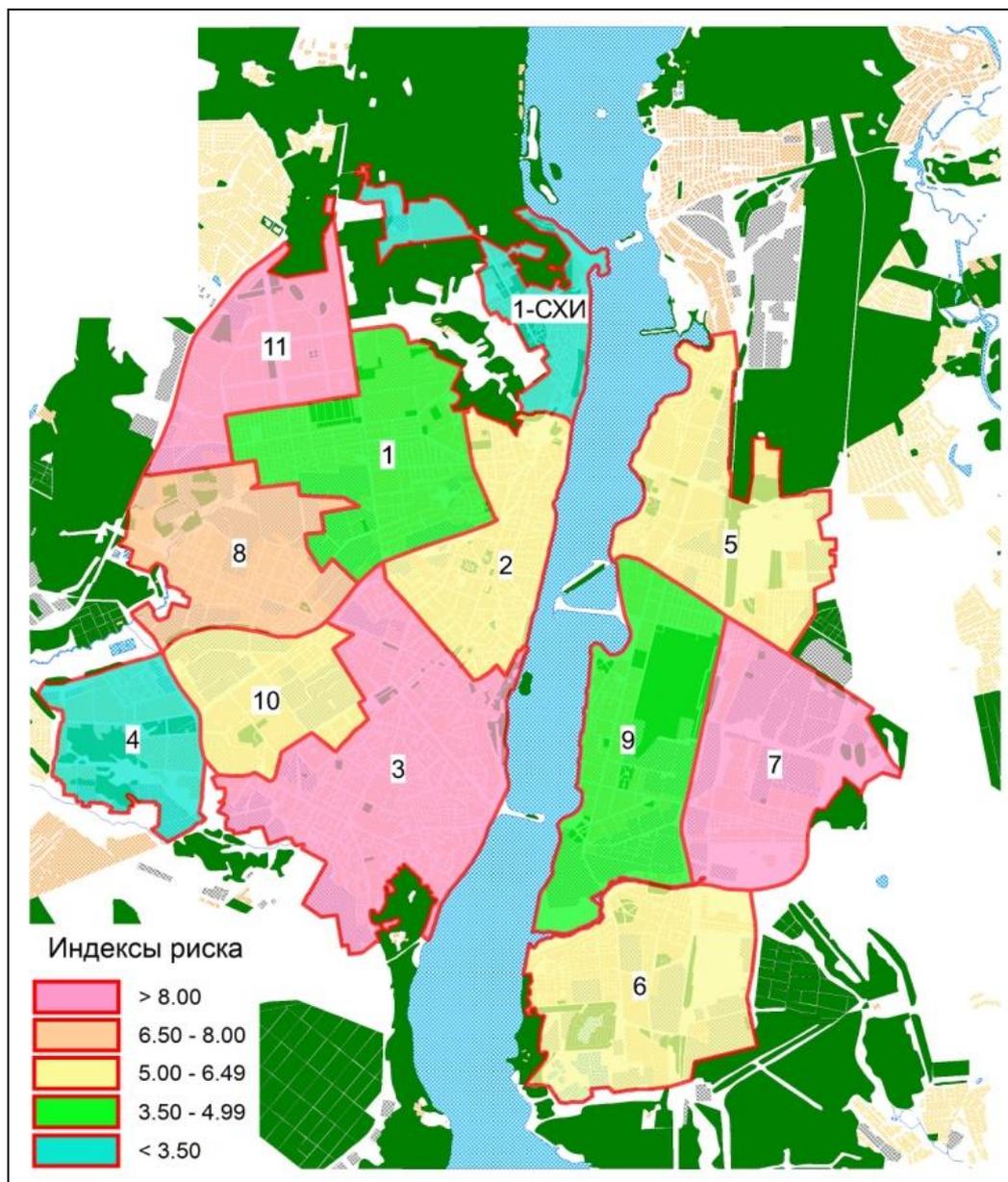


Рис. 7. Интегральная оценка экологического состояния территории города Воронежа (по 12 поликлиническим районам)

В результате применения данного метода определен ранг медико-экологической напряженности для каждого поликлинического района. Наиболее высокая медико-экологическая напряженность отмечена на правом берегу – на территории 3 поликлиники, а на левобережье – в промышленно-транспортном районе 7 детской поликлиники.

По большинству медико-экологических критериев наиболее безопасны с экологической точки зрения два окраинных «спальных» микрорайона – в районе Агроуниверситета (1-СХИ) и юго-западной окраины (4 детская поликлиника). Тревожно, что в последние годы происходит ухудшение качества городской среды в Северном районе города, который интенсивно застраивается. Особенно неблагоприятна тенденция роста заболеваемости детей в этом ранее вполне благополучном районе города [4]. Причем состояние биоты в этом районе близко к норме, что свидетельствует о возможном участии в формировании общественного здоровья не только экологических, но и социально-обусловленных, например, стрессовых факторов риска. Однако, эта гипотеза требует специальных исследований за пределами данной работы.

Проведенные исследования позволяют сформулировать несколько основных выводов: 1) техногенное загрязнение формируется за счет промышленно-транспортного комплекса, а также особенностей функционально-планировочной инфраструктуры города; 2) критерии качества атмосферы и почвы дают более сильный ответный «отклик» на промышленно-транспортное воздействие, снег же является геохимическим индикатором значительно меньшего эффекта; 3) вблизи промышленных объектов нефтехимического профиля в левобережном секторе города достоверно ухудшаются условия существования древесных растений, что проявляется в отклонении показателя стабильности развития от фона для березы повислой и тополя пирамидального; 4) статистически подтверждено увеличение частоты заболеваний детей по болезням в районах, более техногенно нагруженных, а в число болезней наибольшей экологической обусловленности включены врожденные аномалии, новообразования, эндокринная патология и болезни мочеполовой сферы; 5) приоритетные факторы риска здоровью – коэффициент эмиссионной нагрузки выбросов канцерогенов и индексы автотранспортной загруженности; 6) на территории г.Воронежа промышленная зона «лидирует» по суммарному загрязнению воздуха, а транспортная - по суммарному загрязнению почвы и снежного покрова.

Выявленные закономерности могут быть полезны региональным природоохранным и гигиеническим службам для разработки целевых программ экологического мониторинга и снижения риска экологически обусловленных заболеваний населения в условиях интенсивного техногенного загрязнения городской среды.

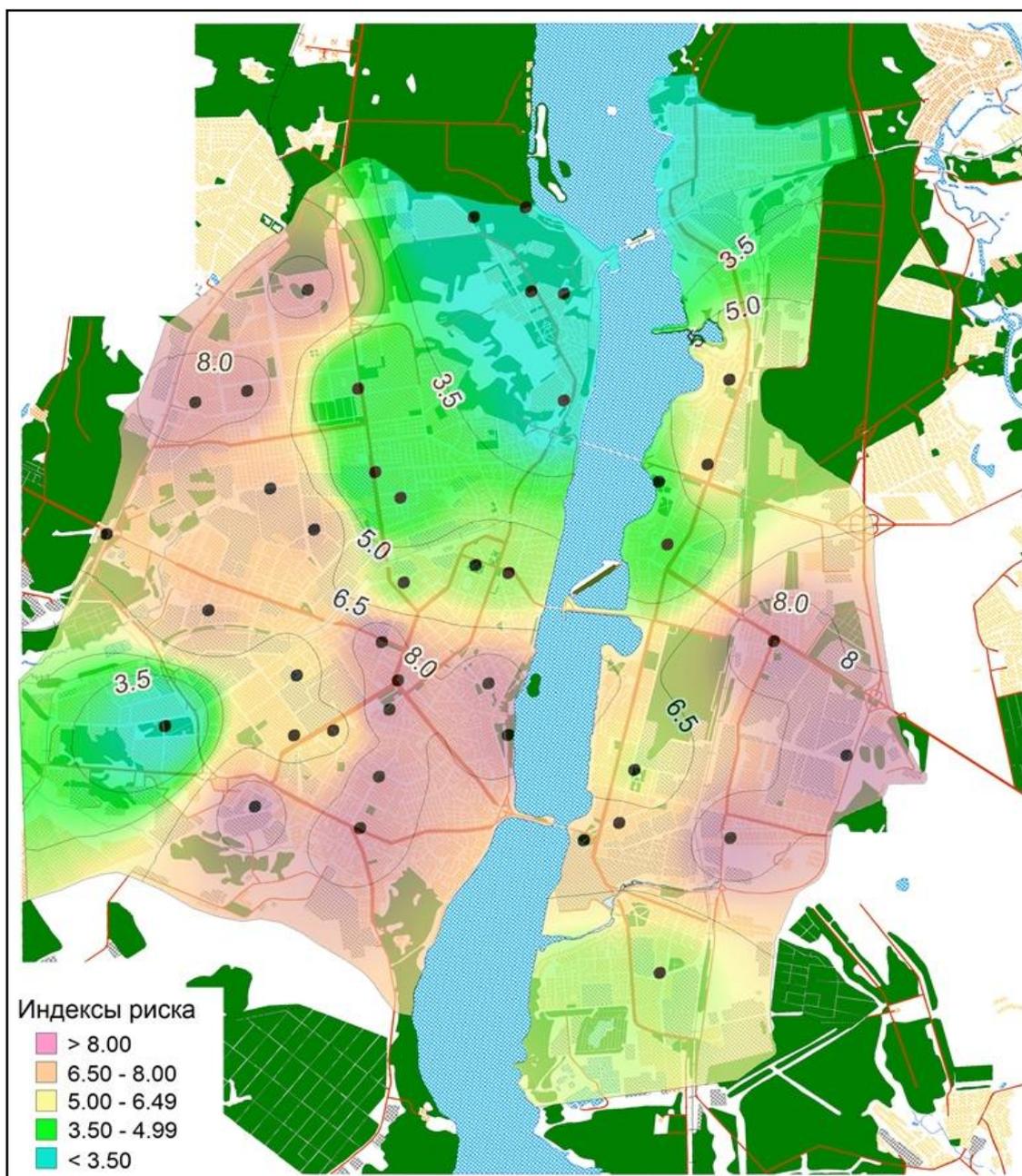


Рис. 8. Интегральная оценка экологического состояния территории города Воронежа (метод IDW - интерполяции)

В частности, для снижения аэротехногенного риска и оздоровления городской среды Воронежа необходима целенаправленная экологическая политика, составными блоками которой могут быть, во-первых, реконструкция транспортных сетей города с увеличением их пропускной способности, качества дорожного покрытия, средней скорости движения транспортных средств и созданием «транспортных коридоров» по типу современных «органических систем» городского транспорта во многих европейских городах; во-вторых, изменение топливного баланса в теплоэнергетической промышленности с

полным переходом на газ в качестве топлива; в-третьих, более интенсивное озеленение внутригородского пространства с внедрением в состав посадок газоустойчивых зеленых насаждений, а также более широкое применение «вертикального озеленения» стен и крыш домов по опыту ряда крупных городов Европы, что позволит снизить загрязнение воздушного бассейна вблизи автомагистралей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безуглая Э.Ю. Чем дышит промышленный город / Э.Ю. Безуглая, Г.П. Расторгуева, И.В. Смирнова. – Л. : Гидрометеиздат, 1991. – 256 с.
2. Буштуева К.А. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения загрязнением окружающей среды / К.А. Буштуева, И.С. Случанко. – М. : Медицина, 1979. – 160 с.
3. Захаров В.М. Биотест. Интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов / В.М. Захаров, Д.М. Кларк. – М. : Московское отд. Международ. фонда «Биотест», 1993. – 68 с.
4. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. – 232 с.
5. Касимов Н.С. Геоинформационное ландшафтно-геохимическое картографирование городских территорий (на примере ВАО Москвы). 2. Ландшафтно-геохимическая карта / Н.С. Касимов, Е.М. Никифорова, Н.Е. Кошелева, Т.С. Хайбрахманов // Геоинформатика. – 2013. – № 1. – С. 28-32.
6. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. – М. : НИИ ЭЧ и ГОС. 2002. – 408 с.
7. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. – М. : Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1995. – 336 с.
8. Якушев А.Б. Экологическая оценка воздействия автотранспорта на воздушный бассейн городов Центрального Черноземья / А.Б.Якушев, С.А. Куролап, М.А. Карпович. – Воронеж : Изд-во «Научная книга». – 207 с.
9. Malkhazova S.M. Health of urban population in Moscow and Beijing agglomerations / S.M. Malkhazova, Y. Linsheng, W. Wuyi, D.S. Orlov, N.V. Shartova, L. Hairong, W. Li // Geography. Environment. Sustainability. – 2014. – №4 (v.7). – P. 41-53.

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДА ВОРОНЕЖА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Т.И. Прожорина, Н.И. Якунина

Атмосферный воздух в пределах городской экосистемы является одним из приоритетных объектов экологического контроля и мониторинга. Загрязнение атмосферы в крупных городах характеризуется большой пространственно-временной неоднородностью, поэтому ограниченное число стационарных постов не позволяет получить достоверную информацию о распределении загрязняющих веществ на всей территории. Однако существование коррелятивных зависимостей между содержанием многих загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с их содержанием в снеге позволяет использовать этот компонент ландшафта для экспрессной геохимической индикации загрязнения городов [7].

В настоящее время наиболее востребованными являются экспрессные методы контроля качества окружающей среды. Один из таких методов основан на использовании результатов геохимического анализа снежного покрова [2]. Снег обладает высокой сорбционной способностью и осаждает из атмосферы на земную поверхность значительную часть продуктов техногенеза. Мониторинг снежного покрова позволяет выявить очаги загрязнения и тенденцию в изменении качества окружающей среды.

В аналогичных предыдущих работах [3, 4, 5, 6] уже были приведены результаты мониторинга загрязненности снежного покрова в различных функциональных зонах г. Воронежа в зимний период 2013 и 2014 гг.

Для получения многолетних рядов мониторинговых наблюдений и обобщения закономерностей формирования геохимического фона города нами продолжен анализ химического состава снежного покрова с целью выявления зависимостей между наличием загрязняющих веществ и уровнем техногенного воздействия в зимний период с 2015 по 2016 годы. Причем для относительно равномерного охвата всей территории города с учетом функционально-планировочных зон, были исследованы новые участки по сравнению с предшествующим периодом [4].

В целях сравнения результатов исследования с 2015 г., в зимний период 2016 г. соблюдались аналогичные условия отбора проб снега

(количество точек, адреса отбора проб, перечень функциональных зон и др.).

В период, предшествующий снеготаянию, 12.02.2015 г. и 31.01.2016 г. было отобрано по 47 проб снега в различных функциональных зонах г. Воронежа с разной степенью техногенного воздействия: 11 проб в жилой зоне, 9 - в промышленной зоне, 9 - в транспортной зоне, 6 - в зоне рекреации, 10 – в районах перспективной жилой застройки и 2 фоновые пробы (табл. 1).

Таблица 1

Перечень точек отбора проб снега с разбивкой по функциональным зонам г. Воронежа

Кол-во точек	Функциональная зона *
9	Промышленная
9	Транспортная
4	жилая ЦИ
3	жилая СП
4	жилая ЧС
6	рекреационная
2	фон
2	Район перспективной застройки: Агроуниверситет
2	Район перспективной застройки: Шилово
2	Район перспективной застройки: пойма Дона (Донская)
2	Район перспективной застройки: Аэродром
2	Район перспективной застройки: Отрадное
47	Итого

**) В жилой зоне выделено 3 подзоны:*

- жилая ЦИ – центральная историческая часть города (включая общественно-деловую застройку и старую 5-тиэтажную застройку по обоим берегам);

- жилая СП – кварталы с современной многоэтажной застройкой;

- жилая ЧС – частный сектор (преимущественно одноэтажная жилая застройка).

В частности, структура отобранных проб снега следующая:

- в левобережной части города отобрано – 16 проб снега: жилая зона – 4 пробы; промышленная зона – 3 пробы; зона рекреации – 2 пробы; транспортная зона – 3 пробы, районы перспективной застройки - 4 пробы.

- в правобережной части города отобрано – 31 проба снега: жилая зона – 7 проб; промышленная зона – 6 проб; зона рекреации – 4

пробы; транспортная зона – 6 проб, районы перспективной застройки - 6 проб, фоновая - 2 пробы.

Фоновые точки: 1 проба – в черте города на территории санатория им. М. Горького; 2 проба - Рамонский район, СТ «Северный бор» (северное направление) в 15 км от города. В качестве фоновых участка выбраны территории, испытывающие минимальное воздействие на природную среду.

На рисунке 1 показано расположение точек отбора проб снега на местности [1].



Рис.1. Карта-схема расположения точек отбора проб снега

Исследования химического состава снега выполнены на следующий день после отбора всех проб на базе аттестованной эколого-

аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета.

Пробы снега растапливались при комнатной температуре, а талую воду фильтровали. По осадку, полученному на фильтре, определяли количество взвешенных частиц в отобранной пробе (весовым методом), а в фильтрате определяли следующие показатели: NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- (колориметрический метод); общая жесткость, Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- (титриметрический); рН (потенциометрический); минерализация и Mg^{2+} (расчетный) [8].

По результатам исследований были построены графики зависимости содержания загрязняющих веществ в снеге в зависимости от степени техногенной нагрузки в разных функциональных зонах города за 2015-2016 годы, а также приведено их сравнение с фоном.

Как видно из рисунка 2, **уровень рН** снежных проб в 2016 году снизился по сравнению с 2015 годом. Кислотность талого снега варьирует от 5,3 до 8,12 (в 2015 г.) и от 5,3 до 6,8 единиц рН (в 2016 г.). Этот процесс подкисления можно объяснить увеличением содержания в снеге сульфат-ионов.

Наиболее высокие значения рН (6,39-6,56), т.е. щелочные осадки, отмечаются в пробах снега, отобранных преимущественно в транспортной зоне (точки 7,17,33), а также в промышленной зоне рН=6,15-6,21 (точки 27,28,29). Подщелачивание снежного покрова данных зон обусловлено повышенным содержанием в снеге твердых частиц, сажи, которые являются компонентами автомобильных выхлопов.

Реакция среды снеговых вод в жилой зоне преимущественно находится в пределах рН=5,43-6,34. Наименьшие значения имеют точки (13,23), наибольшие значения характерны для точек (1, 22, 24, 25, 45, 46) соответственно. Видимо, это обусловлено большим скоплением машин и плохой уборкой домовых территорий.

Более низкие значения рН характерны для проб, отобранных в зоне рекреации. В данной зоне рН снежного покрова (особенно в 2016 г.) близка к рН чистой дождевой воды (5,4-5,6). Так, например, низкие значения рН талой воды отмечаются в парке «Алые паруса» (точка 15, рН=5,39) и в других рекреационных зонах города (точки 4, 19 и 20: рН=5,25, 5,35 и 5,37 соответственно).

Наиболее низкие значения рН (5,32-5,65) характерны для проб, отобранных преимущественно в зоне перспективной застройки (точки 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44). Однако, точки 36 и 37 характеризуется несколько повышенной величиной рН=6,30-6,06 для данной зоны.

Видимо, это связано с тем, что пробы снега отбирали по ул. Московский проспект 90/1 (за рынком «Воронежский» (точка 36) и по ул. Антонова-Овсеенко (точка 37). На отобранные пробы снега оказывают сильно влияние расположенные вблизи крупные автомагистрали, поэтому данные пробы скорее можно отнести к транспортной зоне. Тогда полученные результаты хорошо согласуются со значениями величины рН, характерными для транспортной зоны.

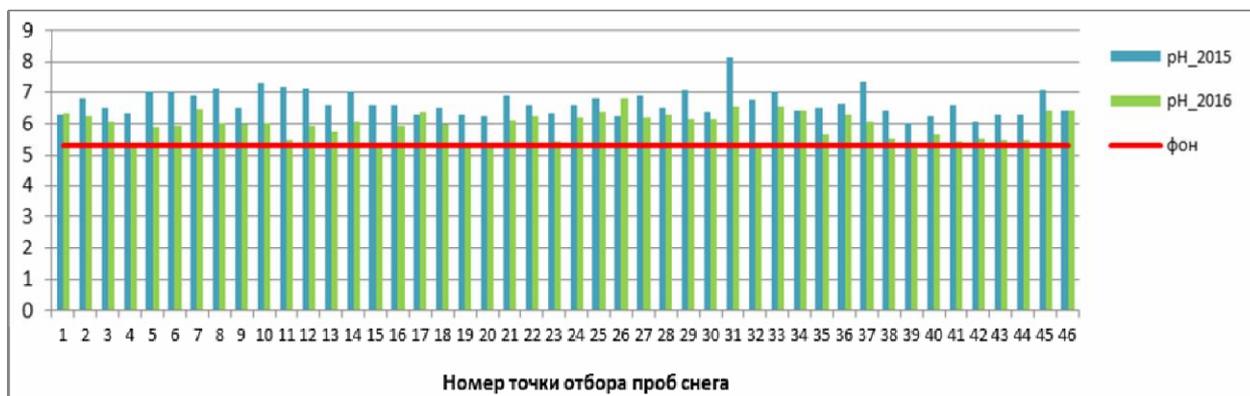


Рис.2. Изменение величины рН в пробах снега

Содержание **взвешенных веществ** в пробах снега варьирует от 34,81 до 620,08 мг/л (в 2015 г.) и от 0,11 до 248,09 мг/л (в 2016 г.). Как показано на рисунке 3, в пробах 2016 года отмечается значительное уменьшение содержания взвешенных веществ по сравнению с предыдущим годом.

Следует отметить, что в пробах снега 2016 г. содержание взвешенных веществ в среднем составляет 52,66 мг/л, что значительно меньше по сравнению с результатами 2015 г. (182,23 мг/л). Однако, делать заключение, что это связано с уменьшением запыленности атмосферы в г. Воронеже не совсем корректно. На результаты анализов могли повлиять условия накопления снегом загрязняющих веществ, так как зимы последних лет аномальные и даже в январе наблюдались положительные температуры и оттепель.

Низкие значения взвешенных веществ (от 0,11 до 8,03 мг/л) отмечаются в пробах снега, отобранных преимущественно в зонах рекреации (точки 15, 19, 26, 47); перспективной застройки (точки 39, 42, 43, 44) и две пробы в жилой зоны современной застройки (точки 18, 23).

Из графика на рисунке 3 видно, что наиболее высоким содержанием взвешенных веществ (от 149,94 до 248,09 мг/л) отличаются несколько проб снега: в промышленной (точка 5), транспортной (точка 33), жилой зоне «СП» (точка 45) и даже в двух точках зоны рек-

реации (точки 30 и 34). Однако, следует отметить, что точка 30 расположена по ул. 9 Января, поэтому испытывает сильное воздействие автомобильных выбросов и противогололедных материалов, в частности, песко-соляной смеси.

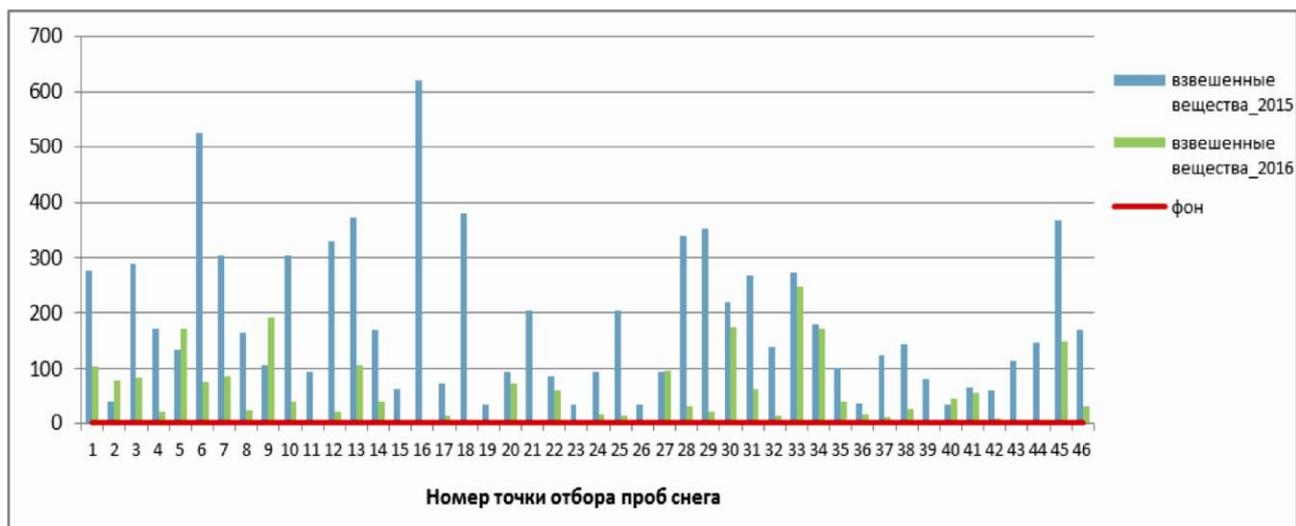


Рис.3.Изменение содержания взвешенных веществ в пробах снега (мг/л)

Между содержанием взвешенных веществ в снеге и общей жесткостью, обуславливающей присутствие катионов кальция и магния, существует прямо пропорциональная зависимость. Так как в 2016 г. наблюдается уменьшение взвешенных частиц в пробах снега, то легко объяснить понижение общей жесткости, катионов кальция и магния по сравнению с 2015 годом.

Величина **общей жесткости** талого снега варьирует от 0,053 до 0,368 ммоль/л (в 2015 г.) и от 0,053 до 0,266 ммоль/л (в 2016 г.). По сравнению с предыдущим годом среднее значение общей жесткости, а также катионов кальция и магния в 2016 г. понизилось в 2 раза.

Однако, следует отметить, что результаты анализа не показали четкой связи между общей жесткостью снежных масс и зонированием города. Например, как низкие, так и несколько повышенные значения общей жесткости наблюдаются в талых водах во всех функциональных зонах города.

Наименьшие значения общей жесткости талой воды (от 0,053 до 0,098 ммоль/л) зафиксированы в точках транспортной (точки 10,11,16), промышленной (точки 2, 12, 14, 32), жилых зонах «ЦИ» и «СП» (точки 1, 3, 18, 23), зоне рекреации (точки 15, 19), а также в зоне перспективной застройки (точки 38, 40, 42, 43, 44).

Повышение общей жесткости (от 0,107 до 0,266 ммоль/л) отмечается в пробах снега, отобранных преимущественно в транспортной (точки 6, 7, 8, 33), промышленной (точки 27, 28, 29, 31), жилых зонах «ЦИ» и «ЧС» (точки 9, 24, 46), в зоне перспективной застройки (точки 35, 36, 37, 39, 41), а также в некоторых зонах рекреации, расположенных вблизи основных транспортных магистралей г. Воронежа (точки 4, 30).

Согласно литературным источникам [7], степень **минерализации** снеговых вод достоверно характеризует интенсивность техногенного воздействия на городскую среду. Минерализация снежных проб в 2016 г. значительно повысилась по сравнению с 2015 г. (рис. 4), что связано с увеличением содержания основных ионов (SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^-). Это свидетельствует об увеличении «антропогенного давления» на среду обитания.

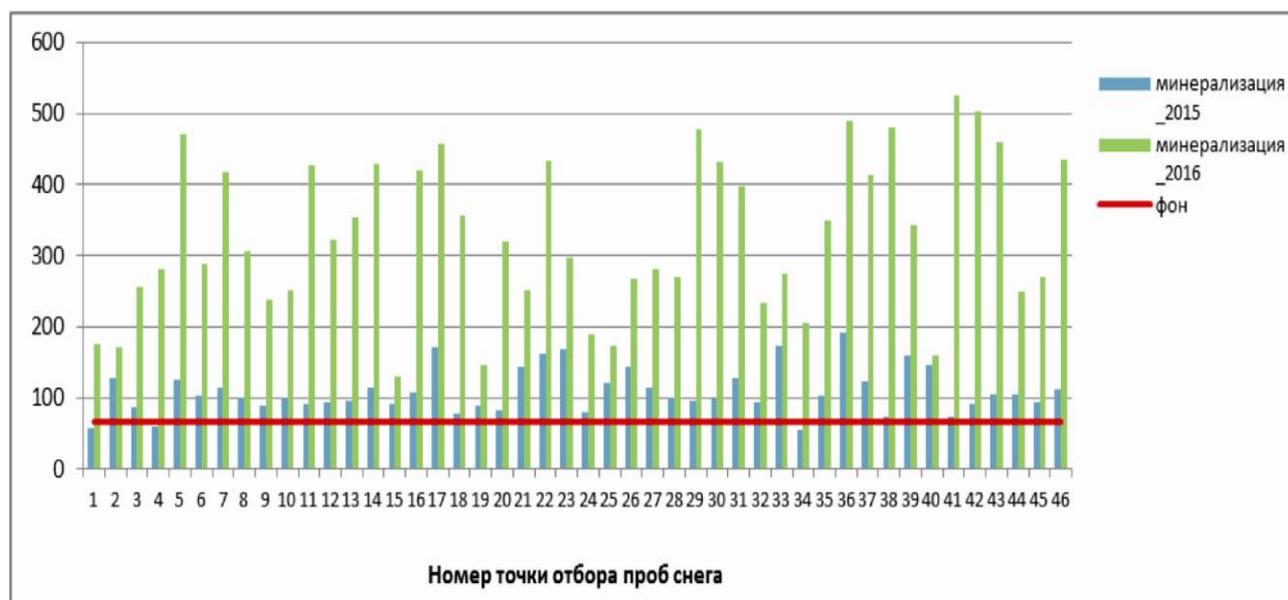


Рис.4. Изменение величины минерализации талой воды (мг/л)

Величина минерализации талой воды изменяется от 30,5 до 190,69 мг/л (в 2015г.) и от 66,8 до 525,3 мг/л (в 2016 г.).

Из графика на рисунке 4 видно, что наибольшие значения минерализации (более 400 мг/л) характерны преимущественно для проб снега транспортной (точки 7, 11, 16, 17), промышленной (5, 14, 29, 31) и зоны перспективной застройки (точки 36, 37, 38, 41, 42, 43). Следует отметить, что снова «выбивается» из общего ряда точка 30, расположенная в зоне рекреации, которая имеет повышенную минерализацию (431,66 мг/л). Это объясняется близким расположением крупной автомагистрали города – ул. 9 Января.

Средние значения минерализации (от 200 до 400 мг/л) характерны, прежде всего, для проб, отобранных в транспортной зоне (точки 6, 8, 10, 21, 33), в промышленной зоне (точки 12, 27, 28, 32), а также проб снега, отобранных в жилой «ЦИ» (точки 3, 9), жилой «ЧС» (точка 13), жилой «СП» (точки 18, 23, 45) и зоне рекреации (точки 4, 20, 26). Следует отметить, что некоторые пробы снега, отобранные в жилой зоне и зоне рекреации, имеют повышенные показатели минерализации (до 400 мг/л), так как все они располагаются недалеко от автомагистралей города: например, от ул. 25 Января (точка 18), ул. Транспортная (23), ул. Грамши (45), по ул. Ворошилова (точка 9) и ул. Героев Стратосферы (3).

Минимальные значения минерализации снеговых вод (менее 200 мг/л) за некоторым исключением прослеживаются, в основном, для жилой зоны (точки 1, 24, 25); зоны рекреации (точки 15, 19) и характерны для одной пробы перспективной застройки (точка 40).

Таким образом, как отмечалось ранее, повышение минерализации снежного покрова связано с увеличением содержания основных макрокомпонентов. Эти выводы хорошо согласуются с результатами анализа SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- ионов.

Так, например, в пробах снега 2016 года отмечается значительное увеличение содержания **сульфат-ионов** по сравнению с предыдущим годом. Содержание сульфатов в исследуемых пробах снега варьирует от 7 до 72 мг/л (2015 г.) и от 10,55 до 224 мг/л (2016 г.).

При этом максимальные значения концентрации сульфат-ионов отмечаются в районе транспортной зоны (точка 11 - на пересечении ул. Саврасова и ул. Заслонова, точка 17 - на пересечении ул. Димитрова и ул. Ленинградской), промышленной зоны (точка 14 – ул. Волгоградская) и в пяти пробах зоны перспективной застройки (точки 36, 38, 41, 42, 43).

Содержание **хлоридов** в снеге напрямую связано с интенсивностью применения антигололедных средств для дорожных покрытий в зимний период. В г.Воронеже для этих целей используется песчано-соляная смесь, содержащая катионы щелочных и щелочно-земельных металлов и анионы соляной кислоты.

В пробах снега 2016 года отмечается значительное увеличение содержания хлоридов (в среднем в 3 раза) по сравнению с предыдущим годом. Это объясняется снежной зимой, что привело к повышению дозы применяемых антигололедных реагентов.

Содержание хлоридов в исследуемых пробах снега варьирует от 3 до 40,15 мг/л (2015 г.) и от 13,34 до 76,7 мг/л (2016 г.).

Максимальные концентрации Cl^- -ионов отмечаются в пробах транспортной зоны (точки 7, 8, 33) и превышают фоновые показатели от 3 до 6 раз.

Помимо увеличения сернокислых соединений, в пробах 2016 года отмечается также увеличение содержания **аммонийного иона**. Наличие азотсодержащих соединений в воде определяется деятельностью бактерий, но в зимний период в снежном покрове их присутствие невозможно, поэтому все содержание NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ -ионов в талой воде обусловлено только антропогенными воздействиями. К ним можно отнести, в первую очередь, выбросы от промышленных предприятий и автотранспорта.

Увеличение значений аммонийного азота связано с ростом выбросов оксидов азота в воздух, что подтверждается данными Воронежского ЦГМС, согласно которым в атмосферном воздухе г. Воронежа в зимний период 2015-2016 гг. наблюдались превышения ПДК_{сс} по NO_2 в 2,3-5,3 раза.

Наиболее высокие значения аммонийного азота (от 0,7 до 1,51 мг/л) наблюдаются в транспортной (точки 6, 7, 8, 21) и промышленной зонах (точки 12, 27, 28, 31).

Наиболее низкие значения (до 0,06 мг/л) отмечены в зоне рекреации (точки 15, 19, 26) и двух пробах снега перспективной застройки (точки 41, 42).

Несмотря на вариации отдельных показателей по зимним сезонам исследуемых лет, двухлетний мониторинг загрязнения снежного покрова на территории города Воронежа (таблица 2) показал отчетливую картину: наблюдается тенденция увеличения минерализации снежных проб, содержания в них основных ионов (SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , NH_4^+). Это свидетельствует о росте техногенной нагрузки на городскую среду. В тоже время снизились рН талой воды, процесс подкисления можно объяснить увеличением содержания в снеге сульфат-ионов.

Ещё один аспект исследований был апробирован в течение 2016 г. и связан с исследованием уровня радиационного фона.

Так как в Воронежской области эксплуатируется одна из десяти атомных электростанций (Нововоронежская АЭС – объект потенциального радиозэкологического риска), то при отборе проб снега нами были выполнены замеры уровня радиации в исследуемых зонах города.

Сравнительная характеристика проб «лежалого» снега
за 2015 и 2016 годы

Показатель	Среднее значение		Тенденция
	2015 г.	2016 г.	
pH	6,64	5,8	уменьшение
Взвешенные вещества, мг/л	182,23	52,66	значительное уменьшение
Минерализация, мг/л	108,05	322,68	значительное увеличение
Общая жесткость, мг-экв/л	0,205	0,122	уменьшение
Ca ²⁺ , мг/л	2,63	1,66	уменьшение
Mg ²⁺ , мг/л	0,61	0,48	уменьшение
HCO ₃ ⁻ , мг/л	9,54	12,26	увеличение
SO ₄ ²⁻ , мг/л	24,3	123,19	значительное увеличение
Cl ⁻ , мг/л	8,91	22,84	значительное увеличение
NO ₃ ⁻ , мг/л	21,87	4,96	значительное уменьшение
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,42	0,18	уменьшение
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,39	0,51	увеличение

В качестве измерителя уровня радиоактивного загрязнения применяли портативный дозиметр-радиометр МКС-01СА1Б (рис. 5).



Рис. 5. Дозиметр-радиометр МКС-01СА1Б

МКС-01СА1Б – миниатюрный многофункциональный бытовой дозиметр-радиометр с ежесекундным непрерывным уточнением результата измерения и индикацией текущей статистической погрешности, а также с речевым озвучиванием и голосовой оценкой результатов измерения, предназначенный для оценки мощности AMBIENTного эквивалента дозы фотонного излучения; оценки AMBIENTного эквивалента дозы гамма - и рентгеновского излучения; оценки плотности потока бета-частиц от загрязненных поверхностей; оценки плотности потока альфа-частиц от загрязненных поверхностей; поиска источников ионизирующего излучения и оперативной оценки радиационного фона; оценки радоновой обстановки и радиоактивного загрязнения продуктов питания.

Прибор позволяет осуществлять оперативный поиск загрязненных предметов или источников радиоактивных излучений, а также контролировать среду обитания человека (радиационную безопасность рабочих мест, жилища, местности; оценку радиоактивной загрязненности реальных объектов, продуктов питания, материалов и проб; оценку радоновой обстановки в жилых и рабочих помещениях и др.)

В таблице 5 приведены результаты измерения гамма излучения в 47 пробах снега, отобранных в различных функциональных зонах города Воронежа.

Известно, что уровень радиоактивного загрязнения, основанный на измерении дозы гамма излучения, для открытой местности должен быть не более 0,2-0,3 мкЗв/час.

Результаты исследований показаны на рис. 6, выполненном методом геоинформационного картографирования в среде MapInfo с применением IDW-интерполяции.

Мониторинг загрязнения химического состава снежного покрова на территории города Воронежа в период с 2015 по 2016 годы позволил сделать следующие основные выводы.

1. Степень минерализации снеговых вод характеризует интенсивность техногенного воздействия на городскую среду, а их химический состав указывает на источники поступления поллютантов.

2. Основным источником загрязнения приземных слоев атмосферы и снежного покрова в городе Воронеже выступает автотранспорт.

3. Согласно временной динамике, наблюдается тенденция увеличения минерализации снежных проб, содержания в них основных

анионов и катионов (SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , NH_4^+). Это свидетельствует о росте техногенной нагрузки на городскую среду.

Таблица 3

Результаты замеров дозы гамма-излучения проб снега
(февраль 2016г.)

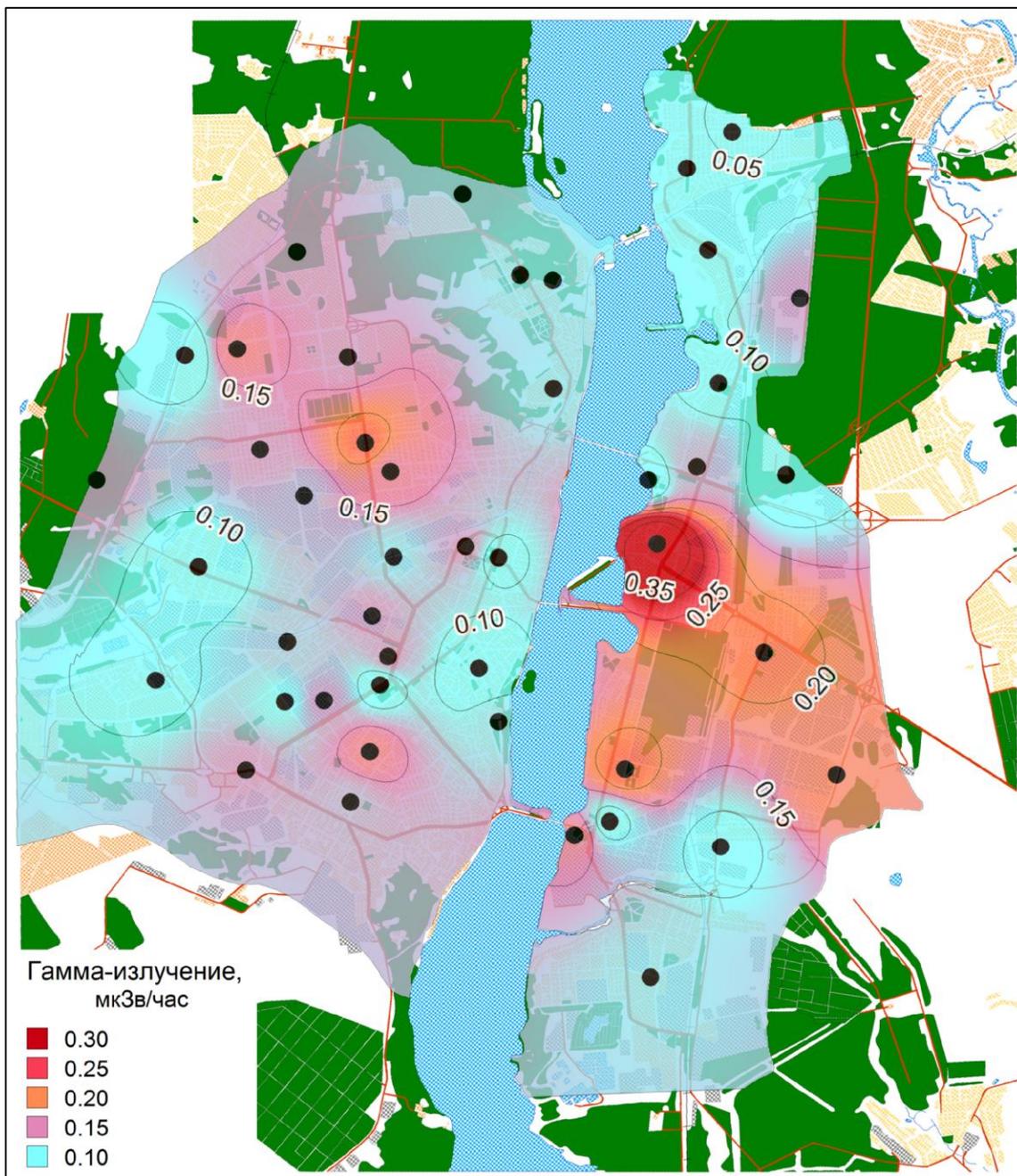
№ точки	Замер	№ точки	Замер	№ точки	Замер
	γ мкЗв/час		γ мкЗв/час		γ мкЗв/час
1	0,11	17	0,12	33	0,14
2	0,17	18	0,12	34	0,09
3	0,09	19	0,11	35	0,14
4	0,22	20	0,11	36	0,06
5	0,09	21	0,14	37	0,14
6	0,19	22	0,07	38	0,12
7	0,21	23	0,17	39	0,11
8	0,4	24	0,14	40	0,08
9	0,08	25	0,11	41	0,14
10	0,13	26	0,16	42	0,10
11	0,07	27	0,22	43	0,09
12	0,09	28	0,13	44	0,14
13	0,14	29	0,14	45	0,13
14	0,07	30	0,14	46	0,17
15	0,1	31	0,07	47	0,10
16	0,04	32	0,11	Среднее	0,13

4. По степени загрязненности функциональные городские зоны можно расположить в следующий убывающий ряд:

транспортная зона > промышленная зона > перспективная застройка > жилая зона > рекреационная зона > фоновая территория.

5. Результаты оценки радиационного фона показывают, что уровень радиоактивного излучения в пределах г. Воронежа не превышает установленные нормы.

Таким образом, проведенные исследования показали, что изучение химического состава снежного покрова можно использовать как вполне эффективный и достоверный метод экспрессной индикации загрязнения атмосферного воздуха городской среды.



*Рис. 6. Уровень гамма-фона на территории г.Воронежа
(черные точки – пункты измерений)*

ЛИТЕРАТУРА

1. Генеральная схема очистки территории городского округа город Воронеж. – Воронеж, 2011. – 186 с.
2. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почвах. - М.: ИМГРЭ, 1990. - 14 с.
3. Прожорина Т.И. Аэротехногенный мониторинг состояния городской среды по загрязнению снежного покрова (на примере города Воро-

нежа) / Т.И. Прожорина, Е.В. Беспалова, С.А. Куролап, П.М. Виноградов // Вестник Волгогр. гос. ун-та. Серия 11, Естеств. науки. – 2014. – №3(9). – С. 28-34.

4. Прожорина Т.И. Мониторинг загрязнения снежного покрова / Т.И. Прожорина, Е.В. Беспалова // Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды : Сб. науч. статей / Под общ. редакцией С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж, 2014. – С.107-117.

5. Прожорина Т.И. Оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Воронежа по состоянию снежного покрова // Т.И. Прожорина, Н.И. Якунина // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. – №1(27). – С. 111-114.

6. Прожорина Т. И. Оценка состояния снежного покрова г. Воронежа по данным химического анализа талой снеговой воды / Т.И. Прожорина, Е.В. Беспалова, Н.И. Якунина // Принципы экологии. – 2014. – Т. 3. – № 1. – С. 14-19.

7. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. – М. : Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1995. – 336 с.

8. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учеб. пособие / Т.И. Прожорина, Н.В. Каверина, А.Н. Никольская и др. – Воронеж: Издательство «Истоки», 2010. – 304 с.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК КАК ФАКТОР УХУДШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Т.И. Прожорина, Н.И. Якунина

К основным крупным водным объектам г. Воронежа относятся река Дон и Воронежское водохранилище, которые являются источником технического водоснабжения многочисленных промышленных предприятий и сельскохозяйственных объектов. В связи с этим проблема сохранения чистоты крупнейших и значимых водных объектов региона имеет высокую актуальность.

Основными источниками загрязнения водных объектов считаются бытовые и производственные загрязненные сточные воды, очистке и обезвреживанию которых в настоящее время уделяется большое внимание. Сброс в водоемы без предварительной очистки сточных вод этих категорий в нашей стране запрещен.

Однако существует достаточно большая по объему категория сточных вод с городских застроенных территорий, до настоящего времени в большинстве случаев не подвергающаяся очистке перед сбросом, но оказывающая при этом существенное влияние на гидрохимическое состояние водоемов. К этой категории сточных вод относятся талые и дождевые сточные воды.

Сбросы в водные объекты загрязнений через выпуски ливневой канализации городов имеют эпизодический характер, но могут значительно изменить химический состав воды в периоды выпадения дождя или таяния снега. Во время ливня в водный объект с поверхностным стоком попадает масса взвешенных веществ, в 10 раз превышающая массу загрязнений, направляемую на станцию очистки бытовых стоков в течение суток.

Результаты многочисленных анализов поверхностных стоков, поступающих в Воронежское водохранилище, показывают, что превышение ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения наблюдается по 3-8 из 10 контролируемых показателей. Причем наиболее часто регистрируются превышения допустимых значений по нефтепродуктам (100% проб), железу (100% проб) и аммонии (90% проб), что позволяет выделить их как основные городские загрязнители, наиболее сильно влияющие на качество поверхностных вод в пределах города. Высокое содержание нефтепродуктов и железа существенно деформирует водную экосистему и опасно для человека.

Поэтому необходимо уделять особое внимание вопросам снижения их концентрации [6].

Основными загрязняющими компонентами поверхностного стока, формирующегося на селитебных территориях, являются продукты эрозии почвы, смываемые с газонов и открытых грунтовых поверхностей, пыль, бытовой мусор, вымываемые компоненты дорожных покрытий и строительных материалов, хранящихся на открытых складских площадках, а также нефтепродукты, попадающие на поверхность водосбора в результате неисправностей автотранспорта и другой техники [7].

Цель данной работы заключалась в исследовании влияния поверхностного стока с селитебных территорий на загрязнение Воронежского водохранилища на основе изучения химического состава талого и дождевого стоков.

Для отбора проб поверхностного стока с селитебных территорий г. Воронежа были выбраны 5 точек. Из них 3 точки - в селитебных зонах г. Воронежа с разным характером застройки: 1 точка - в транспортной зоне и 1 - фоновая проба. В качестве фонового участка выбираются территории, испытывающие минимальное воздействие на природную среду. В данном случае целесообразным является выделение такой территории в «условно чистой» зоне города Воронежа, удаленной от негативного воздействия автотранспорта и промышленных предприятий - на территории санатория им. М. Горького (табл. 1).

Всего было отобрано и проанализировано 15 проб поверхностного стока с различных селитебных территорий г. Воронежа, по 5 проб в зимний, весенний и осенний периоды 2015 года.

Химический анализ приоритетных загрязняющих веществ в пробах поверхностного стока проводился на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета с применением следующих методов анализа: титриметрический (хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты); потенциометрический (рН); колориметрический (общее железо, аммонийный азот, нитриты и нитраты); весовой (взвешенные вещества); флуориметрический (нефтепродукты); расчетный (общая минерализация) [8].

На основании исследований химического анализа проб поверхностного стока были получены следующие основные результаты.

Характеристика точек отбора проб поверхностного стока

№ пробы	Название пробы	Характеристика пробы	Адрес взятия пробы
1	Фон	«Условно чистая» городская зона	Санаторий им. М. Горького
2	Жилая «ЧС»	Частный сектор, преимущественно одноэтажная жилая застройка	переулок Печатников д. 5
3	Жилая «ЦИ»	Центральная историческая часть города, включая общественно-деловую застройку и старую 5-тиэтажную застройку	Центрально-административная часть г. Воронежа, Кольцовский сквер.
4	Жилая «СП»	Кварталы с современной многоэтажной застройкой	ул. Бакунина, д. 45 (ЖК «Три Богатыря»)
5	Транспортная	Одна из главных магистралей г. Воронежа	ул. Плехановская, д. 35

В пробах *талого стока*, отобранных в период снеготаяния 02.03.2015г., установлено, что из 12 контролируемых показателей, 8 превышают уровень ПДК в несколько раз. Так, например, содержание:

- общего железа от 2,2 (в транспортной зоне) до 4,4 раза (жилая ЧС);
- аммонийного азота от 3,7 (жилая ЧС) до 11,08 раза (жилая СП);
- нитритов от 4,48 (фон) до 51,88 раза (транспортная зона);
- нитратов от 2,7 (жилая СП) до 12,79 раза (транспортная зона);
- хлоридов от 1,0 (жилая ЧС) до 3,21 раза (транспортная зона);
- общей минерализации от 1,0 (жилая СП) до 2,7 раза (транспортная зона);
- нефтепродуктов от 4,1 (фон) до 73,26 раза (транспортная зона).

Также следует отметить, что в пробе талого стока транспортной зоны содержится значительное количество взвешенных веществ (2477,5 мг/л), что превышает фоновую пробу в 58 раз.

В пробах *весеннего дождевого стока*, отобранных 09.04.2015 г., наблюдается превышение уровня ПДК в несколько раз по 6 исследуемым компонентам. Так, например, содержание:

- общего железа от 2,6 (фон) до 10,4 (жилая ЧС);

- аммонийного азота от 1,04 (жилая ЦИ) до 2,5 (транспортная зона);
- нитритов от 7 (фон) до 63,1 (транспортная зона);
- нитратов от 1,04 (жилая ЦИ) до 1,72 (жилая СП);
- нефтепродуктов от 2,5 (фон) до 57,4 (транспортная зона).

Также в пробах весеннего дождевого стока жилой «СП» и транспортной зон обнаружено значительное превышение по взвешенным веществам в 95 и 80 раз соответственно.

В пробах *осеннего дождевого стока*, отобранных 26.10.2015 г., наблюдается превышение уровня ПДК в несколько раз по 7 исследуемым компонентам. Так, например, содержание:

- общего железа от 3,5 (жилая ЦИ) до 19,5 (жилая ЧС);
- аммонийного азота от 20,9 (фон) до 41,3 (транспортная зона);
- нитритов от 48,8 (фон) до 199,5 (транспортная зона);
- нитратов от 3,67 (фон) до 7,4 (жилая ЧС);
- нефтепродуктов от 14,2 (фон) до 330 (транспортная зона);
- общей минерализации в 1,13 раза (транспортная зона).

Также в пробах осеннего дождевого стока жилой «СП» и транспортной зон обнаружено значительное превышение по взвешенным веществам в 8,73 и 9,29 раз соответственно.

Сравнивая результаты анализа *весеннего и осеннего дождевого стока* установили, что уровень превышения ПДК для осеннего стока практически на порядок выше, чем в весеннем стоке. Это объясняется осенней засухой. За август и сентябрь 2015 г. в Воронежской области выпало всего 9 мм осадков при норме 89 мм (по данным «ВЕСТИ – Воронеж» от 20.11.15 г.). В результате на поверхности почвы скопилось большое количество разнообразных загрязняющих веществ. Исключение составляют значения взвешенных веществ в исследуемых пробах по отношению к фону. В осеннем стоке: 8,73 раза (проба №4) и 9,29 раза (проба №5); в весеннем стоке: 95 раз (проба №4) и 80 раз (проба №5). Однако, это связано с тем, что фоновые значения осеннего стока увеличились в 11 раз по сравнению с весенним стоком (700 мг/л и 62,5 мг/л соответственно).

На основании полученных данных, была построена зависимость кратности превышений ПДК между тремя видами стоков по основным загрязняющим веществам. В качестве примера приняты значения самой загрязненной транспортной зоны (проба №5). Результаты представлены на рисунке 1.

Из диаграммы видно, что концентрация большинства веществ гораздо выше в осеннем дождевом стоке, чем в талом стоке или в весеннем дождевом. Так, например, содержание:

- нефтепродуктов в осеннем дождевом стоке превышает уровень ПДК в 330 раз, а в талом и весеннем дождевом стоках в 73 и 57 раз соответственно;

- общего железа в осеннем дождевом стоке превышает уровень ПДК в 15,2 раза, а в талом и весеннем дождевом стоках в 2,2 и 6,0 раз соответственно;

- азотистых соединений (NH_4^+) в осеннем дождевом стоке превышает уровень ПДК в 41 раз, а в талом и весеннем дождевом стоках в 5,6 и 2,5 раз соответственно.

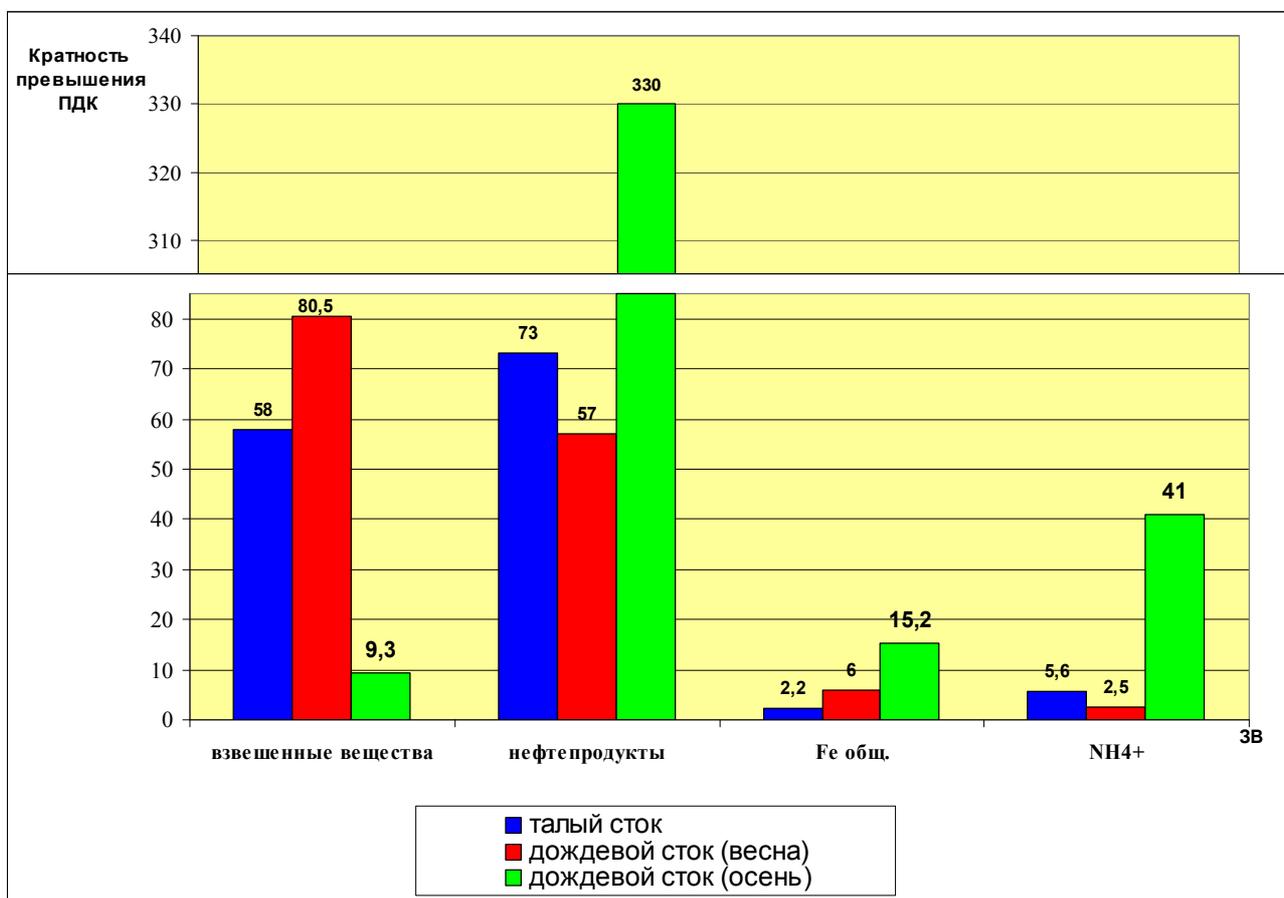


Рис. 1. Зависимость кратности превышений ПДК между тремя видами стоков по основным загрязняющим веществам (для транспортной зоны)

В то же время следует отметить некоторые особенности:

1) в талом стоке наблюдаются превышения по содержанию хлоридов (пробы №2, №4, №5), хотя в дождевых стоках они отсутству-

ют; Это объясняется обработкой дорог противогололедными материалами, например, песчано-солевой смесью;

2) во всех стоках не прослеживается четкой зависимости по содержанию взвешенных веществ. Это объясняется изменением фоновых значений взвешенных веществ в каждом конкретном случае. Так, например,

- фон для талого стока составляет 42,0 мг/л;
- фон для весеннего дождевого стока составляет 62,5 мг/л;
- фон для осеннего дождевого стока составляет 700 мг/л.

Из представленных данных видно, что самое значительное загрязнение по взвешенным веществам (транспортной зоны) наблюдается в осеннем дождевом стоке, которое возросло в 16,7 и 10,7 раза по сравнению с талым и весенним дождевым стоком соответственно.

На основании проведенных исследований можно сделать основные выводы.

1. Поверхностный сток является причиной загрязнения Воронежского водохранилища, так как основные компоненты его химического состава в несколько раз превышают ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения.

2. По степени загрязнения поверхностный сток можно расположить в следующий убывающий ряд:

осенний сток > талый сток > весенний сток

3. По степени загрязнения поверхностного стока с селитебных территорий г. Воронежа территориальные зоны можно расположить в следующий убывающий ряд:

*транспортная зона > жилая СП > жилая ЦИ >
жилая ЧС > фоновая зона*

Анализ результатов контрольных мероприятий, проводимых на территории г. Воронежа в период с 2011 по 2013 гг. [1, 3, 4, 5], показал, что несмотря на принимаемые меры по устранению негативного влияния хозяйственной деятельности на поверхностный сток, экологический ущерб, причиняемый водным объектам поверхностным стоком, все более возрастает. Причиной тому является развитие автотранспорта, применение антигололедных смесей на дорогах населенных пунктов, а также органических и минеральных удобрений на полях – с одной стороны, и отсутствие адекватных этому процессу мер по его перехвату и очистке – с другой стороны. Усилением штрафных и исковых санкций эту проблему не решить.

Работа системы отвода и очистки поверхностного стока с территории города должна обеспечивать качество воды в водных объектах-

водоприемниках, соответствующее требованиям санитарных норм. При невозможности строительства в городе большого количества очистных сооружений необходимой эффективности и производительности одним из направлений достижения требований санитарных норм по качеству воды в открытых водных объектах является снижение уровня загрязненности в месте формирования и поступления поверхностных вод в систему.

Таким образом, решение данной проблемы – это установка очистных сооружений для очистки талых и дождевых сточных вод с селитебных территорий и промышленных площадок непосредственно перед выпусками ливневой городской канализации в водные объекты.

Авторами работы был изучен большой ассортимент установок, предлагаемых для очистки поверхностного стока, и предпочтение отдано установке типа «Ливень» отечественного производителя фирмы «Водопроект Гидрокоммунводоканал» г. Санкт-Петербург, которые выпускаются в двух модификациях – производительностью на 20 и 50 м³/час, т.е. соответственно «Ливень УСН-20» и «Ливень УСН-50». Они являются блочно-модульными установками и состоят из трех блоков – приемного резервуара, водоочистного модуля и отстойника промывных вод. Сооружения изготавливаются из металла. Приемный резервуар закапывается на 2 м ниже уровня лотка трубы ливневой канализации, он имеет отстойную зону для задержания песка, вода из него подается в водоочистной блок с помощью насоса. Водоочистной модуль включает в себя песчаный фильтр, блок адсорбционных фильтров, резервуар промывной воды и насос для промывки песчаного фильтра. Очищаемая вода проходит две ступени фильтрования, после чего поступает в резервуар промывной воды, из которого перетекает на сброс. Песчаный фильтр периодически промывается очищенной водой. Включение и отключение промывного насоса и насоса исходной воды осуществляется автоматически по датчикам уровня, поэтому постоянного присутствия обслуживающего персонала на очистных сооружениях не требуется. Все насосы – погружные. Водоочистной модуль может устанавливаться как в подземном, так и в наземном положении. Он имеет «мокрое» и «сухое» отделение, в котором расположены задвижки. Вода от промывки песчаного фильтра сбрасывается в отстойник промывных вод, в котором происходит накопление загрязнений. Периодически осадок из отстойника откачивается илососной машиной.

Установка монтируется «под ключ». Качество очищенной воды позволяет сбрасывать ее в сеть дождевой канализации. Нефте-

продукты, содержащиеся в дождевом стоке, задерживаются с помощью полимерного сорбента. Емкость сорбента позволяет заменять его не чаще, чем раз в год при условии отсутствия аварийных разливов нефтепродуктов. Система автоматики установки включает в себя управление насосом исходной воды, насосом промывной воды и автоматической задвижкой. Основные параметры установки приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры очистки стоков на установках «Ливень»

Показатели	Концентрация после очистки, мг/л
Взвешенные вещества	<10
Нефтепродукты	<0,3

Предлагаемая схема имеет ряд преимуществ, основными из которых являются [2]:

- напорный режим работы очистных сооружений обеспечивает постоянное качество очистки, благодаря равномерности подачи поступающих сточных вод;

- многоступенчатая схема очистки и наличие автоматизированной системы промывки песчаных фильтров гарантируют надежную работу сооружений, а наличие регулирующего резервуара защищает внутривидовую сеть дождевой канализации от затопления в период сильного дождя;

- благодаря надежной системе предварительной очистки, адсорбционные фильтры могут работать без регенерации не менее 1,5 лет при отсутствии аварийных разливов нефтепродуктов;

- для сбора задержанных нефтепродуктов применяется высокоэффективный и дешевый полимерный отечественный сорбент, подлежащий регенерации отжимом;

- мощность электрооборудования очистных сооружений, за исключением насоса промывной воды, не превышает 2 кВт;

- насос промывной воды, обеспечивающий долгий безрегенерационный период работы очистных сооружений, имеющий мощность 5 кВт, включается на 5 мин не чаще 1 раза в сутки в период дождей;

- благодаря автоматизации работы очистных сооружений достигается простота эксплуатации, на АЗС не возникает необходимости введения в штат обслуживающего персонала, вывоз образующегося осадка возможно осуществлять по договору.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аналитический доклад о состоянии защиты населения Воронежской области от возникновения экстремальных природных и техногенных ситуаций и террористической деятельности – Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Воронежской области, 2011. – С. 9-10.
2. Водопроект-Гипрокоммунводоканал г. Санкт-Петербург – URL: <http://waterandecology.fis.ru/catalog/299> (дата обращения 21.05.2016).
3. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2011 году – Воронеж: Управление Росприроднадзора по Воронежской области, 2012. – 95 с.
4. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2012 году – Воронеж: Управление Росприроднадзора по Воронежской области, 2013. – 87 с.
5. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2013 году – Воронеж: Управление Росприроднадзора по Воронежской области, 2014. – 107 с.
6. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2014 году – Воронеж: Управление Росприроднадзора по Воронежской области, 2015. – 108 с.
7. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий его выпуска в водные объекты. – М. : НИИ ВОДГЕО, 2006. – 62 с.
8. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учебное пособие / Т.И. Прожорина, Н.В. Каверина, А.Н. Никольская и др. – Воронеж: Истоки, 2010. – 304 с.

ОЦЕНКА ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ДОННЫХ ГРУНТОВ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ВОРОНЕЖСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

М.О. Маслова, Е. Ю. Иванова

Состояние окружающей среды на урбанизированных территориях формируется под влиянием комплекса природных и техногенных факторов. Воронежская область - крупный развитый регион, испытывающий значительное давление со стороны промышленности, в первую очередь, со стороны сельскохозяйственного сектора. Важным условием, определяющим характер хозяйственной деятельности на территории муниципальных районов области, является водный фактор.

Водные ресурсы области и, прежде всего, Воронежской городской агломерации, подвержены химическому и биологическому загрязнению, поступающему вместе со смывами с сельскохозяйственных полей, животноводческих ферм, автомобильных дорог, а также вместе со стоками промышленных предприятий и бытовыми стоками.

В исследовании экологического состояния водных ресурсов в настоящее время большое внимание уделяют методам биотестирования. Анализ генотоксичности позволяет количественно оценить общий мутагенный эффект какого-либо компонента среды. Оценка канцерогенного эффекта мутагенов в водных объектах рекреационных зон особенно актуальна, так как выявляет экологически обусловленные риски для здоровья отдыхающих.

Целью данных исследований является оценка генотоксичности поверхностных вод и донных грунтов прибрежных территорий водных объектов рекреационных зон Воронежской городской агломерации, охватывающей территории Рамонского, Новоусманского, Верхнехавского, Каширского, Хохольского, Нижнедевицкого, Семилукского муниципальных районов области, а также городского округа город Воронеж.

Объектами исследований были выбраны популярные места водного отдыха населения: Воронежское водохранилище, р. Дон, р. Воронеж, р. Усмань, р. Трещевка, р. Девица, р. Еманча, р. Хава, р. Россошка, р. Ольшанка, р. Ведуга, наиболее крупные пруды и озера.

Анализ генотоксичности поверхностных вод и донных грунтов проводился в аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета.

Отбор разовых проб воды осуществлялся на расстоянии 1,5 - 2,0 м от берега реки, с поверхностного слоя 30-50 см с помощью батометра, согласно правилам, приведенным в ГОСТ [2]. Отбор проб донных грунтов осуществлялся на расстоянии 1,5 - 2,0 м от берега реки с помощью пробоотборника в соответствии с требованиями ГОСТ [1].

Работа проводилась в летний период 2016 г. Всего было отобрано и проанализировано 80 проб поверхностных вод и донных грунтов (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Места отбора проб поверхностных вод и донного грунта

Номер пробы	Водный объект	Место отбора пробы
1	Воронежское водохранилище	Микрорайон "Таврово", г. Воронеж
2	Воронежское водохранилище	Плотина, левый берег, г. Воронеж
3	Воронежское водохранилище	Плотина, правый берег, г. Воронеж
4	Воронежское водохранилище	Парк "Алые паруса", г. Воронеж
5	Воронежское водохранилище	Адмиралтейская площадь, г. Воронеж
6	Воронежское водохранилище	Микрорайон "Отрожка", г. Воронеж
7	Воронежское водохранилище	Санаторий им. М. Горького, г. Воронеж
8	Воронежское водохранилище	Санаторий им. М. Горького, г. Воронеж
9	р. Воронеж	Пляж "Багратиони", г. Воронеж
10	р. Усмань	Микрорайон "Сомово", г. Воронеж
11	р. Усмань	Микрорайон "Боровое", г. Воронеж
12	р. Воронеж	База отдыха "Немецкая слобода", с. Чертовицы, Рамонский р-н
13	р. Усмань	Загородный клуб "Лесная сказка", Рамонский р-н
14	р. Воронеж	Загородный отель "Путь к себе", Рамонский р-н
15	р. Воронеж	Пляж "Межкатар", Рамонский р-н
16	р. Воронеж	Пляж "Rio", Рамонский р-н
17	р. Воронеж	с. Ступино, Рамонский р-н
18	р. Дон	с. Новоживотинное, Рамонский р-н
19	р. Дон	с. Горожанка, Рамонский р-н

Номер пробы	Водный объект	Место отбора пробы
20	р. Трещевка, запруда	с. Русско-Гвоздевские Выселки, Рамонский р-н
21	р. Усмань	ФГБУ «Воронежский государственный природный биосферный заповедник», Рамонский р-н
22	р. Усмань	ФГБУ «Воронежский государственный природный биосферный заповедник», Рамонский р-н
23	пруд	Спортивно-рыболовный комплекс «Серебряный ключ», Верхнехавский р-н
24	оз. Байкал	с. Вишняки научно-исследовательского ин- ститута овощного хозяйства (НИИОХ), Верхнехавский р-н
25	р. Хава	с. Верхняя Хава, Верхнехавский р-н
26	пруд	с. Нижняя Байгора, Верхнехавский р-н
27	вдхр. Ворона	с. Покройка, Верхнехавский р-н
28	пруд	с. Нижняя Маза, Верхнехавский р-н
29	пруд	с. Васильевка 1-ая, Верхнехавский р-н
30	р. Усмань	База отдыха "Коминтерновец", Новоусманский р-н
31	р. Усмань	Пляж «Пионерский» туристической базы ВГУ «Веневитиново», Новоусманский р-н
32	р. Усмань	Пляж «Мыс» туристической базы ВГУ «Ве- невитиново», Новоусманский р-н
33	пруд	пос. Плясово-Снежково, Новоусманский р-н
34	р. Хава	с. Рождественская Хава, Новоусманский р-н
35	пруд	с. Хлебное, Новоусманский р-н
36	пруд	с. Горские Выселки, Новоусманский р-н
37	р. Хава	Место отдыха "Ласточка", Новоусманский р-н
38	пруд	с. Крыловка, Новоусманский р-н
39	р. Усмань	с. Рыкань, Новоусманский р-н
40	р. Усмань	База отдыха "Солнечная поляна", Новоусманский р-н
41	пруд	с. Каширское, Каширский р-н
42	пруд	с. Красный Лог, Каширский р-н

Номер пробы	Водный объект	Место отбора пробы
43	пруд Можайский	с. Можайское, Каширский р-н
44	пруд	пос. Коммуна, Каширский р-н
45	пруд-охладитель НВАЭС	г. Нововоронеж
46	р. Дон	с. Сторожевое, Хохольский р-н
47	пруд	с. Долженки, Хохольский р-н
48	р. Дон	с. Рудкино, Хохольский р-н
49	пруд Ивановский	с. Еманча-2, Хохольский р-н
50	пруд	с. Гремячье, Хохольский р-н
51	пруд "Радужный"	Хохольский р-н
52	р. Еманча	с. Заречье, Хохольский р-н
53	р. Еманча	с. Еманча 1-ая, Хохольский р-н
54	пруд "Курья ножка"	Хохольский р-н
55	р. Девица	рабочий поселок «Хохольский», Хохольский р-н
56	р. Девица	с. Хохол, Хохольский р-н
57	пруд	с. Скупая Потудань, Нижедевицкий р-н
58	пруд	с. Лебяженское, Нижедевицкий р-н
59	р. Россошка	с. Глазово, Нижедевицкий р-н
60	р. Ольшанка	с. Глазово, Нижедевицкий р-н
61	пруд Хуторской	с. Нижедевицк, Нижедевицкий р-н
62	р. Девица	с. Нижедевицк, Нижедевицкий р-н
63	р. Ольшанка	с. Вязноватовка, Нижедевицкий р-н
64	озеро	пос. Стрелица, Семилукский р-н
65	озеро	пос. Стрелица, Семилукский р-н
66	пруд	пос. Стрелица, Семилукский р-н
67	р. Девица	пос. Стрелица, Семилукский р-н
68	р. Дон	Городской пляж, г. Семилуки
69	р. Дон	Туристическая база "Донгор", Семилукский р-н
70	р. Ведуга	с. Терновое, Семилукский р-н
71	пруд	с. Богоявленовка, Семилукский р-н
72	пруд	с. Медвежье, Семилукский р-н
73	пруд	с. Каверье, Семилукский р-н
74	р. Ведуга	с. Нижняя Ведуга, Семилукский р-н
75	пруд	с. Землянск, Семилукский р-н
76	оз. Кит	с. Старая Ольшанка, Семилукский р-н
77	пруд	с. Новосильское, Семилукский р-н
78	пруд	с. Малая Покровка, Семилукский р-н
79	пруд	с. Голосновка, Семилукский р-н
80	р. Ведуга	с. Лосево, Семилукский р-н

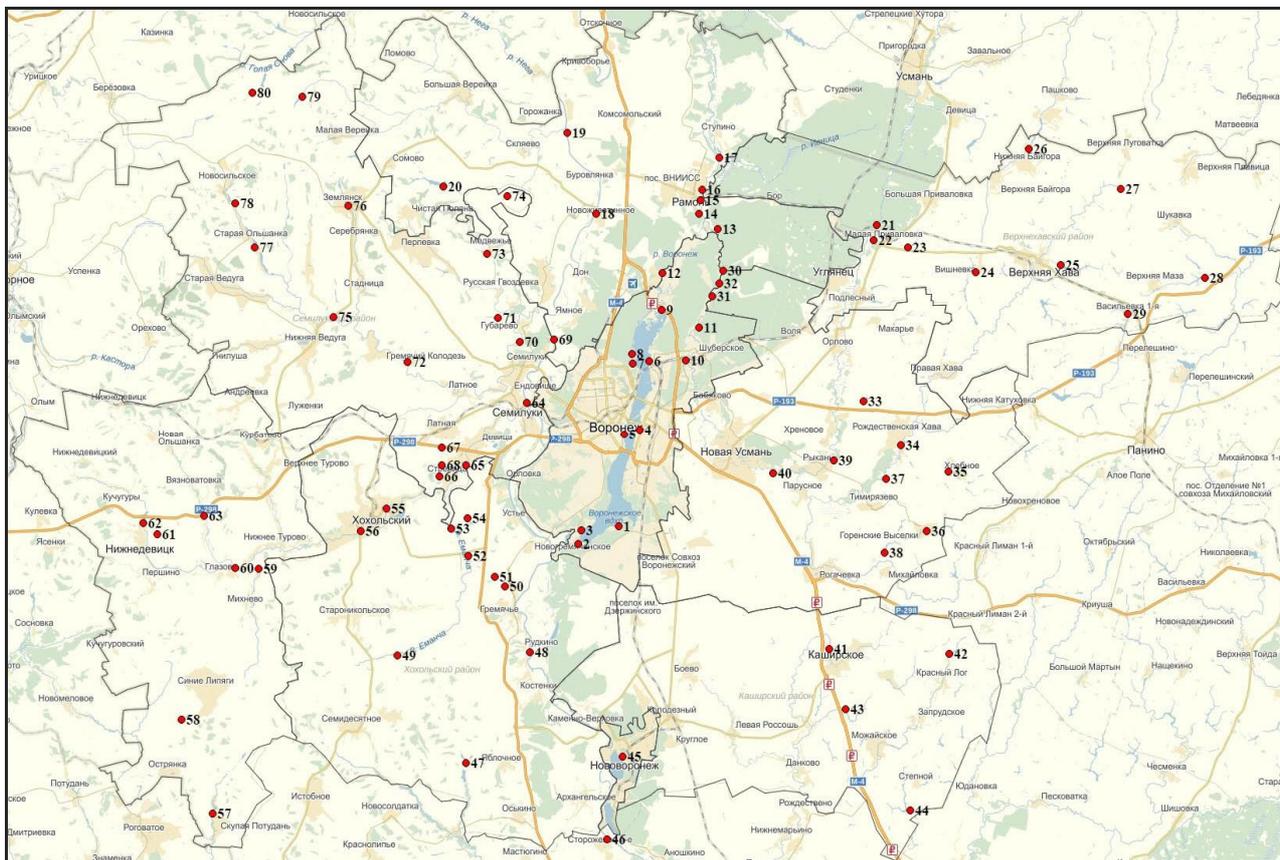


Рис. 1. Места отбора проб поверхностных вод и донного грунта

Наиболее полно проанализировать комплексное воздействие среды на живой организм позволяют методы биотестирования. Количественно оценить суммарную мутагенную, в том числе канцерогенную, активность водных объектов позволяет параметр генотоксичности с острымонеллой (*Salmonella typhimurium*) в качестве тест-объекта.

Для выявления частоты мутаций использовался классический полуколичественный тест Эймса с метаболической активацией *in vitro* (тест Эймса сальмонелла/микросомы).

Сконструированные штаммы являются чувствительными к таким мутагенным соединениям как бензилхлорид, бенз(а)пирен, нитрофураны и др. Основными причинами попадания данных поллютантов в природные воды являются нефтепродукты и пестициды, поступающие в водоемы со сточными водами, смывами с автомобильных дорог и сельскохозяйственных угодий.

Принцип теста заключается в возникновении делеционных мутаций у специально сконструированных штаммов сальмонеллы (штамм TA 98 и штамм TA 100) при воздействии на них мутагенных веществ.

Данные штаммы происходят от лабораторного штамма *S. typhimurium* LT2, у которого были выделены ауксотрофные по гистидину мутанты: мутации замены оснований гистидинового оперона и мутации типа сдвига рамки считывания [3]. Для повышения чувствительности штаммов в них была введена протяженная делеционная мутация, захватывающая биотиновый оперон, часть галактозного оперона и ген *igvB*. Следующим этапом повышения чувствительности штаммов было введение в них мутации, приводящей к утрате наружного липосахарида и к увеличению проницаемости клеточной стенки.

Однако сконструированные штаммы оказались нечувствительными или малочувствительными к ряду известных мутагенных соединений (метилметансульфат, 4-нитрохинолин-1-оксид, бензилхлорид, бенз(а)пирен, различные нитрофураны и др.). Этот недостаток удалось устранить путем введения во вновь полученные штаммы особой плазмиды, передающей штаммам устойчивость к ампицилину. Таким образом были сконструированы высокочувствительные штаммы ТА 98 и ТА 100.

Вещества, вызывающие мутации типа замены оснований, вызывают реверсии к прототрофности по гистидину у штамма ТА 100, а мутагены, вызывающие сдвиг рамки считывания - у штамма ТА 98.

Для проведения теста производится посев штаммов сальмонеллы ТА 98 и ТА 100 на питательную среду в чашках Петри в присутствии гистидина и биотина в трехкратной повторности. В опытные образцы вносили вытяжки проб поверхностных вод или донных грунтов, в контрольные образцы – диметилсульфоксид (ДМСО) и дистиллированную воду.

Подсчет колоний сальмонеллы производится через 48 ч после инкубации. Величина мутагенного индекса рассчитывается отношением среднего количества колоний ревертантов опытного образца к среднему количеству колоний сальмонеллы контрольного образца. За наличие мутагенного эффекта принимается значение мутагенного индекса более 2. Величина мутагенного индекса от 2 до 10 интерпретируется как слабый мутагенный эффект, более 10 – как средний мутагенный эффект. Результаты теста представлены в таблице 2.

Исходя из полученных данных, для большей части проб поверхностных вод характерен низкий мутагенный эффект по штамму ТА 98 (мутагенный индекс менее 2).

Таблица 2

Генотоксичность поверхностных вод и донных грунтов

Номер пробы	Поверхностные воды		Донный грунт	
	Величина мутагенного индекса		Величина мутагенного индекса	
	Штамм ТА 98	Штамм ТА 100	Штамм ТА 98	Штамм ТА 100
А	1	2	3	4
1	1,1	2,9	1,5	3,2
2	1,3	2,0	2,1	4,6
3	1,8	3,8	2,0	4,3
4	0,7	1,6	1,1	1,9
5	0,9	1,2	1,1	1,7
6	0,7	1,4	1,0	1,4
7	1,7	1,9	2,0	2,3
8	1,9	3,2	2,2	3,4
9	1,5	2,4	1,8	2,5
10	2,8	10,3	3,4	12,3
11	2,9	4,1	6,3	5,5
12	2,8	2,2	3,1	2,7
13	2,0	3,4	2,6	3,8
14	1,1	2,7	1,2	3,0
15	2,3	4,2	2,7	4,2
16	3,2	2,1	5,2	2,7
17	2,7	1,3	2,6	1,6
18	1,9	2,1	2,0	1,6
19	2,8	1,2	3,1	3,2
20	0,7	1,4	0,9	1,6
21	3,0	3,8	3,2	4,2
22	2,0	2,5	2,1	2,4
23	2,4	2,8	2,1	3,3
24	2,4	3,5	2,7	3,8
25	2,2	3,2	2,9	3,9
26	2,2	2,2	2,8	4,0
27	1,4	2,3	1,9	2,5
28	0,5	1,6	0,9	1,9
29	0,7	1,1	1,3	1,4
30	1,5	1,6	1,8	1,9
31	2,1	1,9	2,1	2,7
32	1,7	2,3	0,9	2,3
33	1,1	1,3	1,1	1,5
34	1,6	2,1	1,6	2,4
35	1,9	2,1	1,9	2,2
36	1,0	1,2	1,0	1,4
37	0,5	1,3	0,6	1,3

Продолжение таблицы 2

A	1	2	3	4
38	3,2	3,8	3,2	3,9
39	0,8	1,3	1,3	1,9
40	0,9	1,5	0,9	1,6
41	0,5	0,7	0,5	1,1
42	2,1	4,2	2,9	4,5
43	0,6	1,8	1,1	2,0
44	1,2	2,9	1,4	2,9
45	1,5	2,5	1,6	2,4
46	1,4	1,7	2,4	2,8
47	1,0	1,9	1,1	2,9
48	2,8	4,8	3,2	5,3
49	1,0	1,7	1,1	1,7
50	2,2	3,1	2,4	3,6
51	4,3	5,2	4,4	5,6
52	2,0	1,3	2,2	2,5
53	2,8	4,6	2,9	5,3
54	0,8	1,1	1,0	1,4
55	6,2	7,7	6,8	12,0
56	5,4	10,8	5,4	13,3
57	0,8	1,5	0,8	1,6
58	2,0	2,3	2,1	2,3
59	0,9	1,6	1,1	1,6
60	1,0	0,8	1,0	1,6
61	2,0	3,0	2,1	3,2
62	0,9	1,3	1,1	1,4
63	1,0	0,5	0,9	0,7
64	1,3	2,3	1,5	2,4
65	1,2	2,4	1,3	2,4
66	2,1	4,0	2,6	4,2
67	1,9	3,5	2,0	3,7
68	4,8	9,4	5,2	13,2
69	1,9	4,7	2,1	5,2
70	2,6	3,9	2,8	5,3
71	3,2	3,4	3,6	3,9
72	3,3	4,9	3,4	5,1
73	1,6	3,7	1,4	3,7
74	1,0	1,6	1,2	1,6
75	1,7	3,4	2,1	3,3
76	1,2	1,5	1,1	1,8
77	0,5	1,4	0,5	1,6
78	0,8	1,4	0,8	1,7
79	1,1	1,3	1,0	1,6
80	0,6	2,4	1,2	2,4

Слабый мутагенный эффект (мутагенный индекс от 2 до 10) проявился более чем в 50% случаев для проб вод Хохольского, Верхнехавского, Рамонского муниципальных районов (рис. 2).

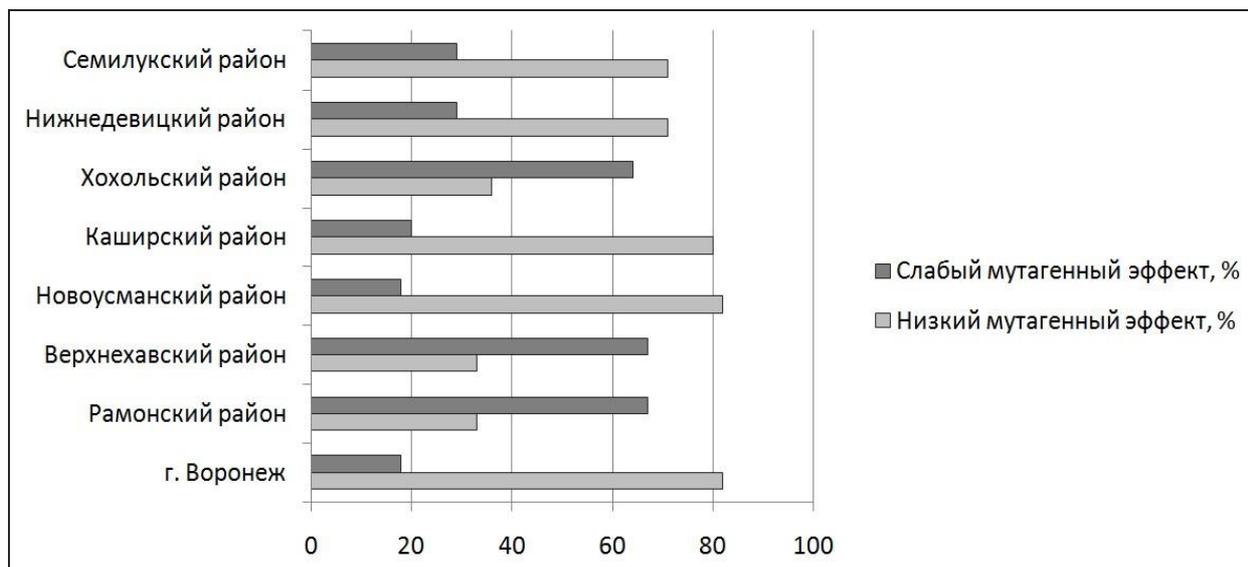


Рис. 2. Генотоксичность поверхностных вод по штамму *S. typhimurium* TA 98

Согласно результатам теста была выявлена средняя мутагенная активность поверхностных вод (мутагенный индекс более 10) в Хохольском районе и г.Воронеже по штамму TA 100. Слабый мутагенный эффект характерен для большинства проб Семилукского, Каширского, Верхнехавского, Рамонского районов и г. Воронежа (рис. 3).

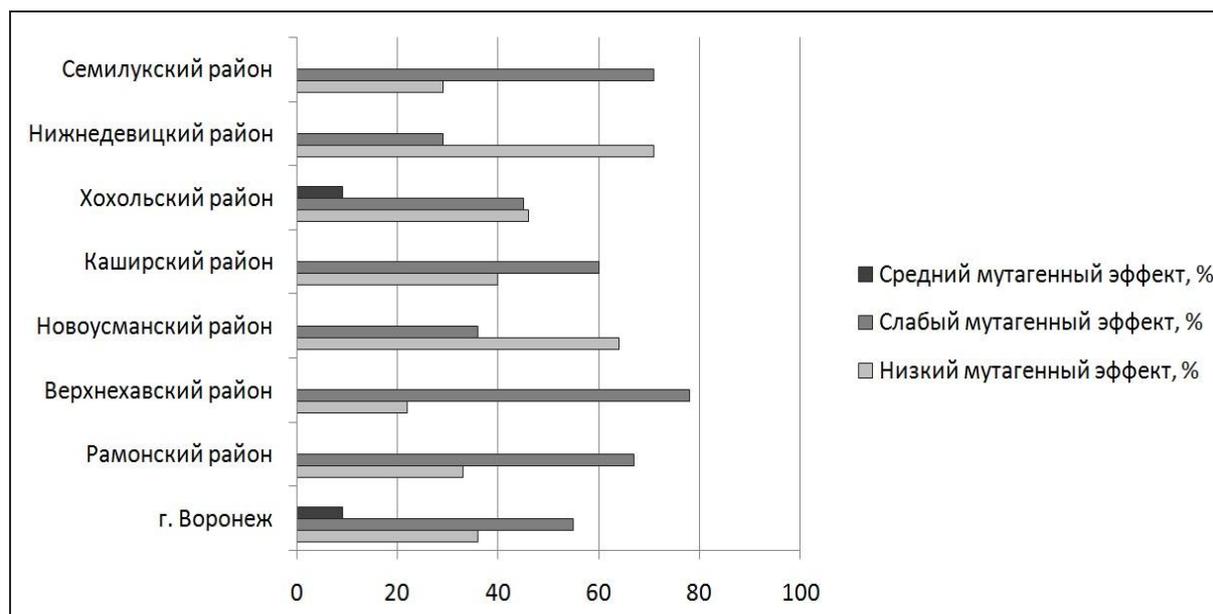


Рис.3. Генотоксичность поверхностных вод по штамму *S. typhimurium* TA 100

Слабый генотоксический эффект донных грунтов по штамму ТА 98 был выявлен для большинства проб Хохольского, Верхнехавского, Рамонского муниципальных районов и г. Воронежа; наименьшая генотоксичность характерна для донных грунтов Нижнедевицкого, Каширского, Новоусманского районов (рис. 4).

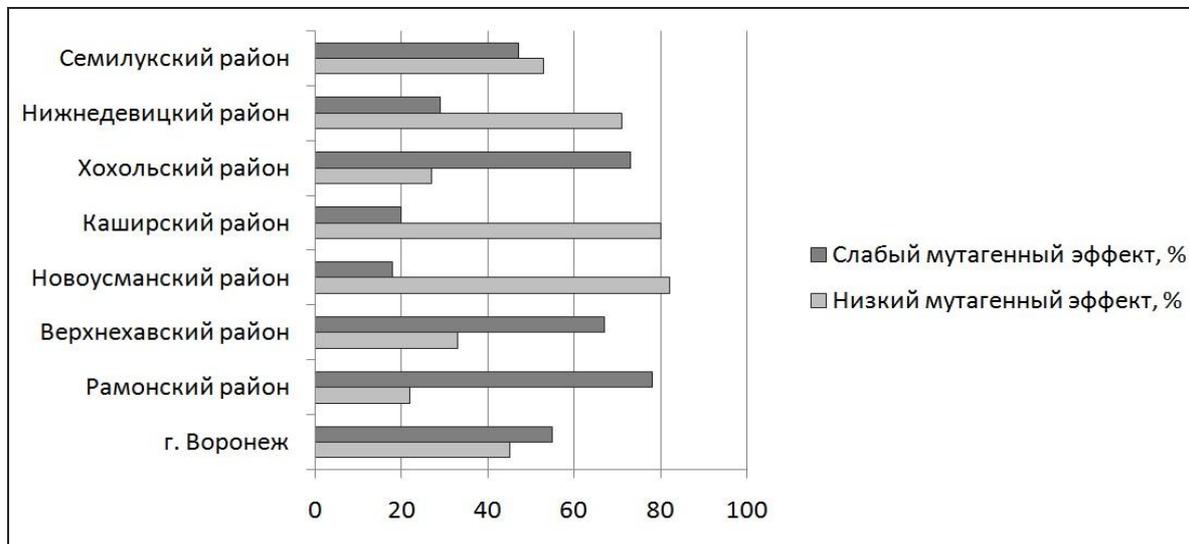


Рис.4. Генотоксичность донных грунтов по штамму *S. typhimurium* TA 98

Средний мутагенный эффект по штамму ТА 100 выявлен для донных грунтов Семилукского, Хохольского районов и г. Воронежа. Слабый мутагенный эффект характерен для большинства проб Семилукского, Хохольского, Каширского, Верхнехавского, Рамонского районов и г. Воронежа (рис. 5).

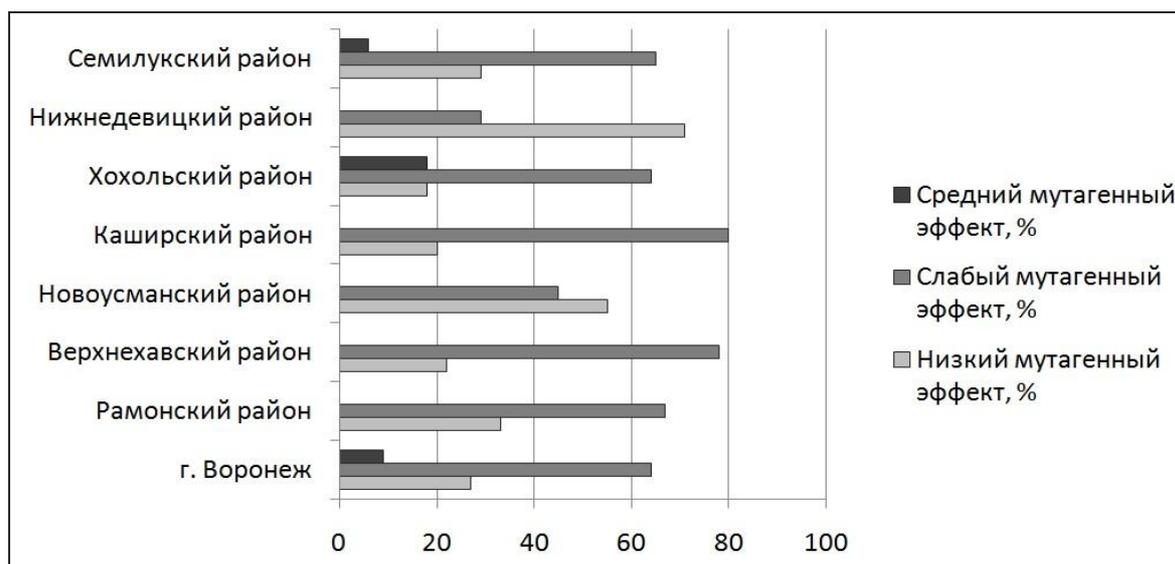


Рис.5. Генотоксичность донных грунтов по штамму *S. typhimurium* TA 100

Таким образом наименее благоприятная экологическая ситуация характерна для водных объектов Верхнехавского, Хохольского, Семилукского, Рамонского муниципальных районов, г. Воронежа, что связано с высокой антропогенной, в том числе рекреационной нагрузкой на территорию. Причем, для рекреационных зон характерно скопление автотранспорта, частое отсутствие оборудованных парковочных мест для автомобилей, что становится причиной попадания нефтепродуктов в водные объекты. На территориях Хохольского, Верхнехавского, Семилукского районов активно развивается сельскохозяйственный сектор, что является причиной попадания в водоемы смывов с угодий, содержащих пестициды и ядохимикаты.

Наименьшая величина генотоксического эффекта характерна для Новоусманского муниципального района.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12071-2000 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. – М.: МНТКС, 2000. – 21 с.
2. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. – Стандартиформ, 2013. – 32 с.
3. Ames B.N. The detection of chemical mutagens with enteric bacteria. In: Hollander A (ed) Chemical Mutagens, vol. 1 / B.N. Ames. - Plenum Press, N.Y., 1971. – 267 p.

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ АЗОТИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ВОРОНЕЖСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

М.О. Маслова

Экологическая ситуация урбанизированных регионов формируется под воздействием комплекса природных и техногенных факторов среды обитания, среди которых ведущее значение имеет водный фактор. Интенсивное воздействие на поверхностные водные ресурсы вблизи крупных промышленных городов приводит к прогрессирующему ухудшению качества воды и, как следствие, - снижению качества питьевого и рекреационного водопользования, что увеличивает экологический риск для населения.

В этой связи весьма актуальны региональные исследования по оценке роли природных и техногенных факторов, формирующих условия водопользования в индустриальных регионах, что в полной мере справедливо и для города Воронежа, расположенного в «водонапряженном» регионе с интенсивным техногенным воздействием на водные ресурсы, слабой естественной защищенностью источников водопользования от антропогенного загрязнения и достаточно низким качеством питьевого и рекреационного водопользования в целом [2].

Актуальной проблемой природных поверхностных вод Воронежской городской агломерации являются интенсивные процессы эвтрофикации водоемов, что ведет к ухудшению качества водных объектов и массовой гибели гидробионтов. Основной причиной интенсивного процесса эвтрофикации является высокое количественное содержание азотистых соединений в водах, попадающих вместе с неочищенными сточными водами с сельскохозяйственных полей, содержащих остаточные количества удобрения, канализационных стоков с высоким содержанием биогенных элементов.

Целью данных исследований является количественная оценка содержания соединений азота (аммоний-ион, нитриты, нитраты) в поверхностных водных объектах рекреационных зон Рамонского, Новоусманского, Верхнехавского, Каширского, Хохольского, Нижнедевицкого, Семилукского муниципальных районов области, а также городского округа город Воронеж.

Объектами исследований были выбраны популярные места водного отдыха населения: Воронежское водохранилище, р. Дон, р. Во-

ронеж, р. Усмань, р. Трещевка, р. Девица, р. Еманча, р. Хава, р. Россошка, р. Ольшанка, р. Ведуга, наиболее крупные пруды и озера.

Анализ проводился в аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета.

Отбор разовых проб воды осуществлялся на расстоянии 1,5 - 2,0 м от берега реки, с поверхностного слоя 30 - 50 см с помощью батометра, согласно правилам, приведенным в ГОСТ [1]. Работа проводилась в летний период 2016 г. Всего было отобрано и проанализировано 80 проб поверхностных вод (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Места отбора проб поверхностных вод

Номер пробы	Водный объект	Место отбора пробы
1	Воронежское водохранилище	Микрорайон "Таврово", г. Воронеж
2	Воронежское водохранилище	Плотина, левый берег, г. Воронеж
3	Воронежское водохранилище	Плотина, правый берег, г. Воронеж
4	Воронежское водохранилище	Парк "Алые паруса", г. Воронеж
5	Воронежское водохранилище	Адмиралтейская площадь, г. Воронеж
6	Воронежское водохранилище	Микрорайон "Отрожка", г. Воронеж
7	Воронежское водохранилище	Санаторий им. М. Горького, г. Воронеж
8	Воронежское водохранилище	Санаторий им. М. Горького, г. Воронеж
9	р. Воронеж	Пляж "Багратиони", г. Воронеж
10	р. Усмань	Микрорайон "Сомово", г. Воронеж
11	р. Усмань	Микрорайон "Боровое", г. Воронеж
12	р. Воронеж	База отдыха "Немецкая слобода", с. Чертовицы, Рамонский р-н
13	р. Усмань	Загородный клуб "Лесная сказка", Рамонский р-н
14	р. Воронеж	Загородный отель "Путь к себе", Рамонский р-н
15	р. Воронеж	Пляж "Межкатар", Рамонский р-н
16	р. Воронеж	Пляж "Rio", Рамонский р-н
17	р. Воронеж	с. Ступино, Рамонский р-н

Номер пробы	Водный объект	Место отбора пробы
18	р. Дон	с. Новоживотинное, Рамонский р-н
19	р. Дон	с. Горожанка, Рамонский р-н
20	р. Трещевка, запруда	с. Русско-Гвоздевские Выселки, Рамонский р-н
21	р. Усмань	ФГБУ «Воронежский государственный природный биосферный заповедник», Рамонский р-н
22	р. Усмань	ФГБУ «Воронежский государственный природный биосферный заповедник», Рамонский р-н
23	пруд	Спортивно-рыболовный комплекс «Серебряный ключ», Верхнехавский р-н
24	оз. Байкал	с. Вишняки научно-исследовательского института овощного хозяйства (НИИОХ), Верхнехавский р-н
25	р. Хава	с. Верхняя Хава, Верхнехавский р-н
26	пруд	с. Нижняя Байгора, Верхнехавский р-н
27	вдхр. Ворона	с. Покройка, Верхнехавский р-н
28	пруд	с. Нижняя Маза, Верхнехавский р-н
29	пруд	с. Васильевка 1-ая, Верхнехавский р-н
30	р. Усмань	База отдыха "Коминтерновец", Новоусманский р-н
31	р. Усмань	Пляж «Пионерский» туристической базы ВГУ «Веневитиново», Новоусманский р-н
32	р. Усмань	Пляж «Мыс» туристической базы ВГУ «Веневитиново», Новоусманский р-н
33	пруд	пос. Плясово-Снежково, Новоусманский р-н
34	р. Хава	с. Рождественская Хава, Новоусманский р-н
35	пруд	с. Хлебное, Новоусманский р-н
36	пруд	с. Горские Выселки, Новоусманский р-н
37	р. Хава	Место отдыха "Ласточка", Новоусманский р-н
38	пруд	с. Крыловка, Новоусманский р-н
39	р. Усмань	с. Рыкань, Новоусманский р-н
40	р. Усмань	База отдыха "Солнечная поляна", Новоусманский р-н
41	пруд	с. Каширское, Каширский р-н
42	пруд	с. Красный Лог, Каширский р-н

Номер пробы	Водный объект	Место отбора пробы
43	пруд Можайский	с. Можайское, Каширский р-н
44	пруд	пос. Коммуна, Каширский р-н
45	пруд-охладитель НВАЭС	г. Нововоронеж
46	р. Дон	с. Сторожевое, Хохольский р-н
47	пруд	с. Долженки, Хохольский р-н
48	р. Дон	с. Рудкино, Хохольский р-н
49	пруд Ивановский	с. Еманча-2, Хохольский р-н
50	пруд	с. Гремячье, Хохольский р-н
51	пруд "Радужный"	Хохольский р-н
52	р. Еманча	с. Заречье, Хохольский р-н
53	р. Еманча	с. Еманча 1-ая, Хохольский р-н
54	пруд "Курья ножка"	Хохольский р-н
55	р. Девица	рабочий поселок «Хохольский», Хохольский р-н
56	р. Девица	с. Хохол, Хохольский р-н
57	пруд	с. Скупая Потудань, Нижедевицкий р-н
58	пруд	с. Лебяженское, Нижедевицкий р-н
59	р. Россошка	с. Глазово, Нижедевицкий р-н
60	р. Ольшанка	с. Глазово, Нижедевицкий р-н
61	пруд Хуторской	с. Нижедевицк, Нижедевицкий р-н
62	р. Девица	с. Нижедевицк, Нижедевицкий р-н
63	р. Ольшанка	с. Вязноватовка, Нижедевицкий р-н
64	озеро	пос. Стрелица, Семилукский р-н
65	озеро	пос. Стрелица, Семилукский р-н
66	пруд	пос. Стрелица, Семилукский р-н
67	р. Девица	пос. Стрелица, Семилукский р-н
68	р. Дон	Городской пляж, г. Семилуки
69	р. Дон	Туристическая база "Донгор", Семилукский р-н
70	р. Ведуга	с. Терновое, Семилукский р-н
71	пруд	с. Богоявленовка, Семилукский р-н
72	пруд	с. Медвежье, Семилукский р-н
73	пруд	с. Каверье, Семилукский р-н
74	р. Ведуга	с. Нижняя Ведуга, Семилукский р-н
75	пруд	с. Землянск, Семилукский р-н
76	оз. Кит	с. Старая Ольшанка, Семилукский р-н
77	пруд	с. Новосильское, Семилукский р-н
78	пруд	с. Малая Покровка, Семилукский р-н
79	пруд	с. Голосновка, Семилукский р-н
80	р. Ведуга	с. Лосево, Семилукский р-н

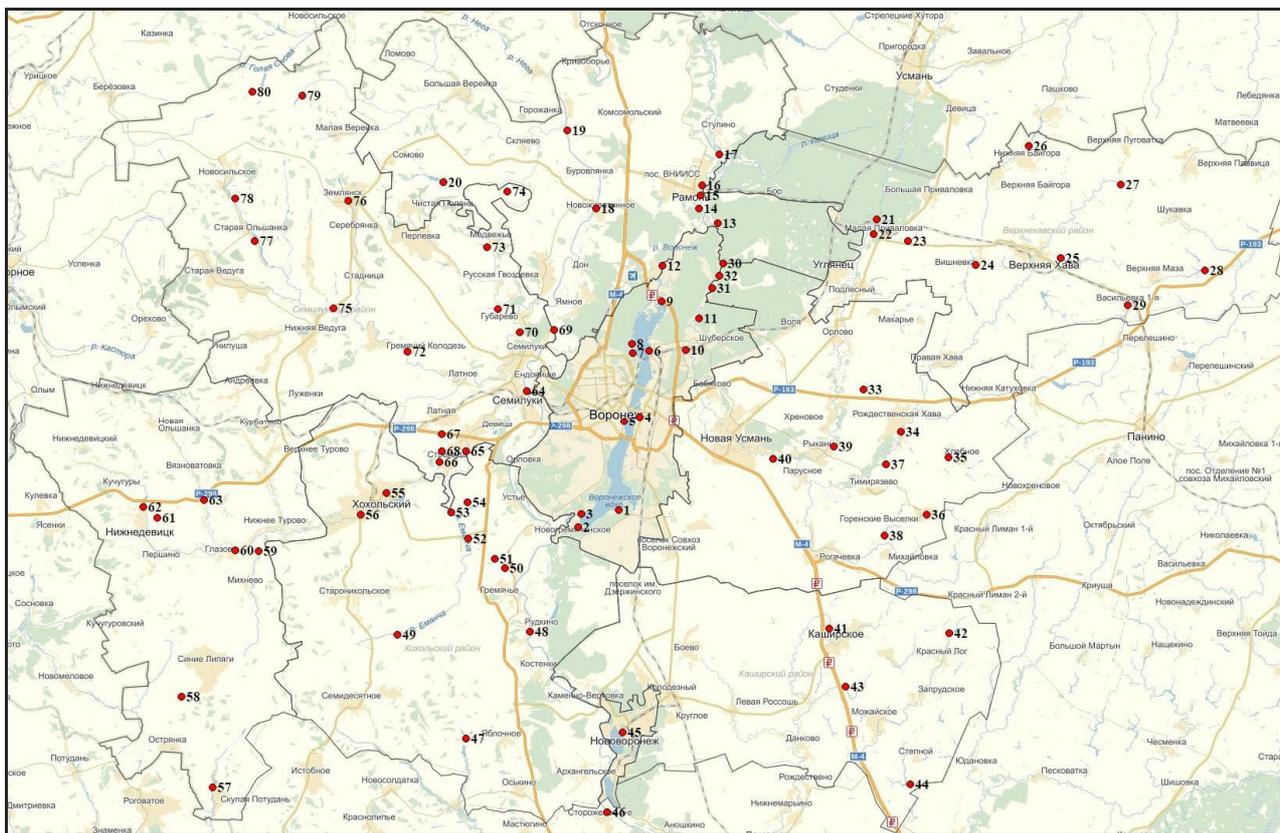


Рис. 1. Места отбора проб поверхностных вод

Установлены следующие основные закономерности.

Катионы аммония (NH_4^+) являются продуктом микробиологического разложения белков животного и растительного происхождения. Образовавшийся таким образом аммоний вновь вовлекается в процесс синтеза белков, участвуя тем самым в биологическом круговороте веществ.

Аммонийные соединения в больших количествах входят в состав минеральных и органических удобрений, избыточное и неправильное применение которых приводит к соответствующему загрязнению водоемов. Кроме того, аммонийные соединения в значительных количествах присутствуют в сточных канализационных водах. Не утилизированные должным образом стоки могут проникать в грунтовые воды или смываться поверхностными стоками в водоемы. Стоки с пастбищ и мест скопления скота, сточные воды от животноводческих комплексов, а также бытовые и хозяйственно-канализационные стоки всегда содержат большие количества аммонийных соединений. Опасное загрязнение грунтовых вод хозяйственными и бытовыми сточными водами происходит при разгерметизации системы канализации. По этим причинам повышенное содержание аммонийного азота в поверхностных водах обычно является при-

знаком хозяйственно-фекальных загрязнений. Предельно допустимая концентрация для вод рыбохозяйственного назначения для азота аммонийного составляет 0,5 мг/л [3].

Результаты содержания аммонийных соединений в поверхностных природных водах приведены на рисунке 2.

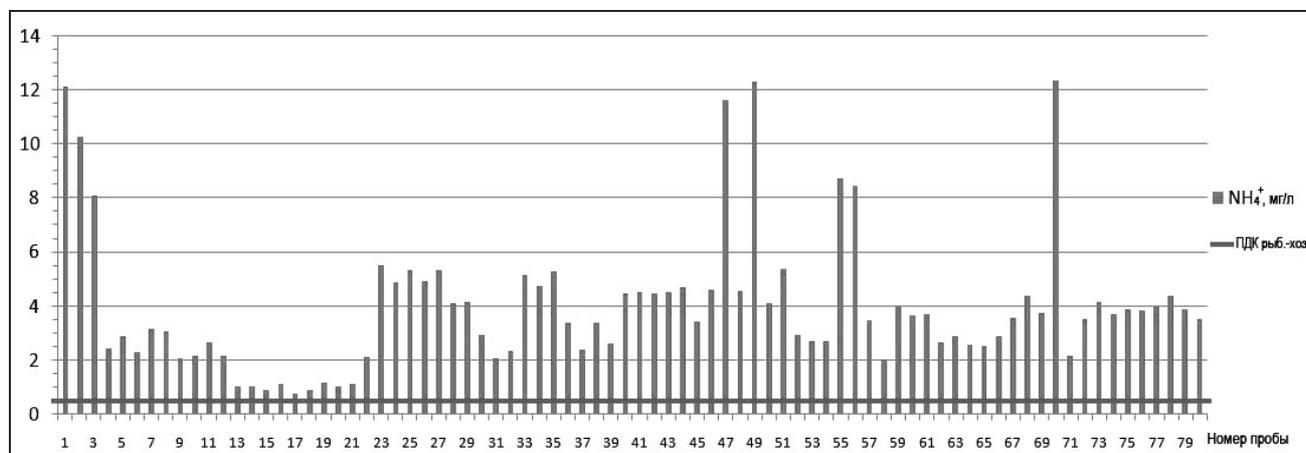


Рис. 2. Загрязнение поверхностных вод аммоний-ионом

Нитраты (NO_3^-) часто вносятся в поверхностные воды вместе с минеральными удобрениями, которые при избыточном или нерациональном внесении в почву приводят к загрязнению водоемов. Источниками загрязнения нитратами являются также поверхностные стоки с пастбищ, скотных дворов, молочных ферм.

Повышенное содержание нитратов в воде может служить индикатором загрязнения водоема в результате распространения фекальных либо химических загрязнений (сельскохозяйственных, промышленных). Богатые нитратными водами сточные каналы ухудшают качество воды в водоеме, стимулируя массовое развитие водной растительности (в первую очередь – сине-зеленых водорослей) и ускоряя эвтрофикацию водоемов.

Концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям: минимальная в вегетационный период, она увеличивается осенью и достигает максимума зимой, когда при минимальном потреблении азота происходит разложение органических веществ и переход азота из органических форм в минеральные. Амплитуда сезонных колебаний может служить одним из показателей эвтрофирования водного объекта.

Концентрация нитратов в поверхностных водах представлена графически (рис. 3). Предельно допустимая концентрация для вод рыбохозяйственного назначения для нитратов составляет 40 мг/л [3, 4].

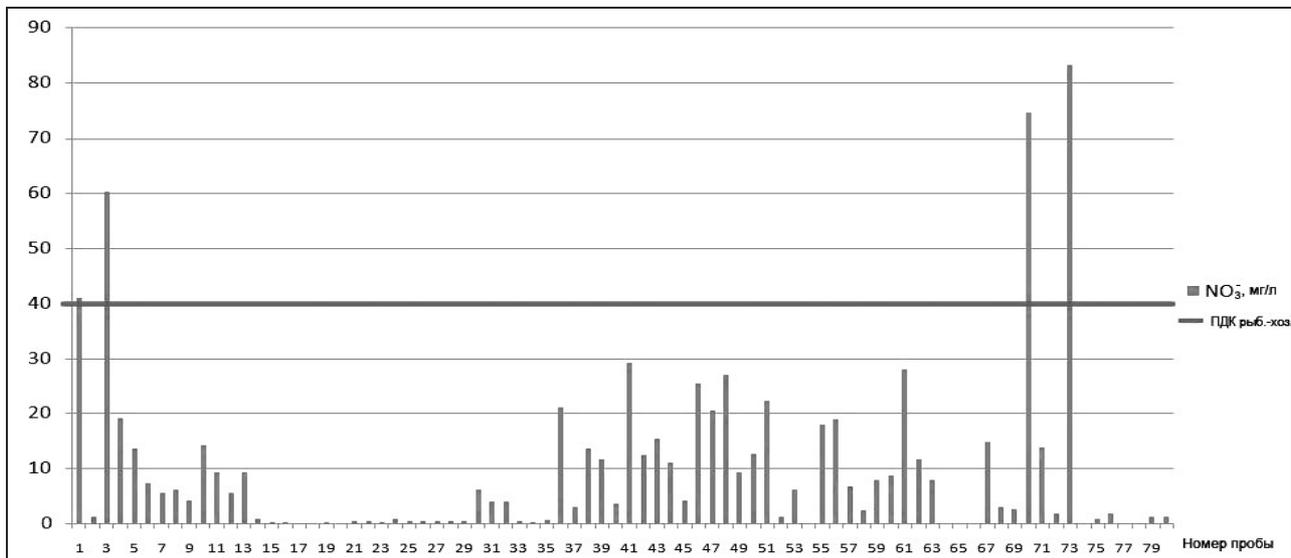


Рис. 3. Содержание нитритов в поверхностных водах

Нитриты (NO_2^-) часто используются в промышленности как ингибиторы коррозии, в пищевой промышленности - как консерванты. В окружающей среде нитрифицирующие бактерии превращают аммонийные соединения в нитриты в аэробных условиях. Некоторые виды бактерий в процессе своей жизнедеятельности также могут восстанавливать нитраты до нитритов, однако это происходит уже в анаэробных условиях. Благодаря способности превращаться в нитраты, нитриты, как правило, отсутствуют в поверхностных водах. Поэтому наличие в анализируемой воде повышенного содержания нитритов свидетельствует о загрязнении воды, причем с учетом частично прошедшей трансформации азотистых соединений из одних форм в другие. Предельно допустимая концентрация для вод рыбохозяйственного назначения для нитритов составляет 0,08 мг/л [Зма].

Результаты исследования содержания нитритов в поверхностных водах представлены на рисунке 4.

Результаты проведенных исследований выявили повсеместные превышения содержания соединений азота в поверхностных природных водах рекреационных зон. Значения фактических концентраций аммоний-иона колеблются от 1,8 до 24,8 ПДК. Превышения содержания нитратов в 1,03 ПДК выявлены в водах Воронежского водохранилища на территории микрорайона Таврово (пункт отбора пробы №1); 1,51 ПДК в районе плотины на правом берегу (пункт отбора №3); 1,86 ПДК в водах р. Ведуга на пляже с. Терновое, Семилукский район (пункт отбора № 70); 2,08 ПДК в водах пруда с. Каверье, Семилукский район (пункт отбора №73).

По нитритам выявлены повсеместные превышения нормативов в 1,13 – 29,63 ПДК. Максимальные значения концентрации нитритов

выявлены для вод Воронежского водохранилища вблизи правого берега плотины (24,88 ПДК, пункт отбора пробы № 3); в водах пруда с. Горские Выселки Новоусманского района (13,25 ПДК, пункт отбора № 36) и в водах пруда с. Каверье Семилукского района (29,63 ПДК, пункт отбора № 73).

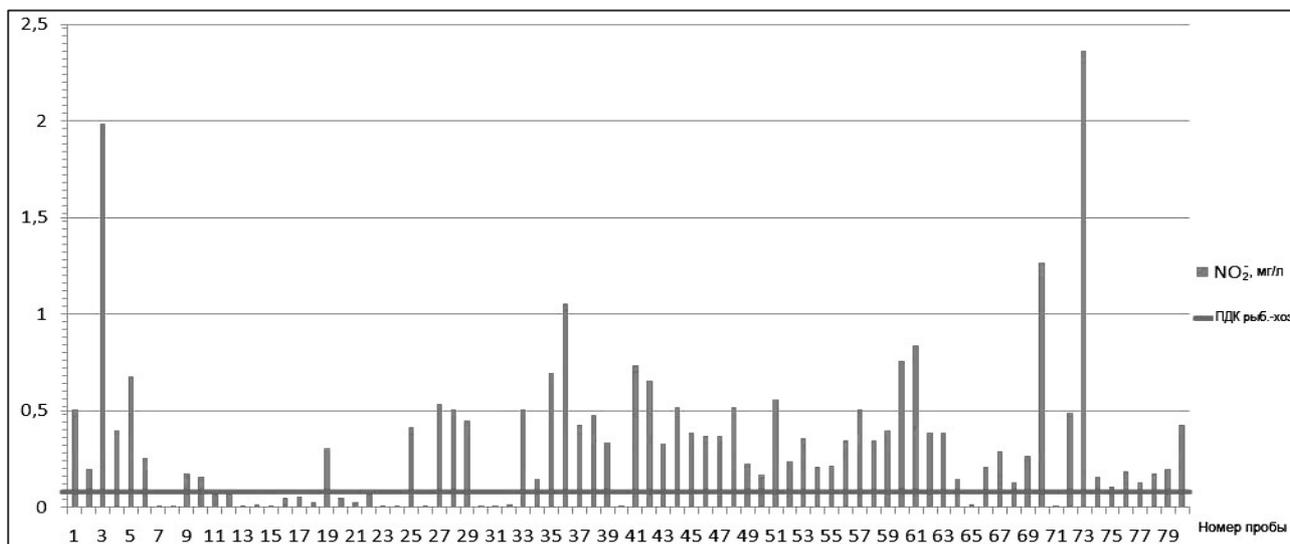


Рис. 4. Содержание нитритов в поверхностных водах

В целом для вод территории Воронежской городской агломерации характерны интенсивные процессы эвтрофикации, связанные, в первую очередь, с попаданием в поверхностные воды минеральных и органических удобрений, а также неочищенных канализационных стоков. Наибольшее загрязнение азотистыми соединениями характерно для Семилукского, Хохольского и Нижнедевицкого муниципальных районов, специализирующихся на сельском хозяйстве и животноводстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. – Стандартиформ, 2013. – 32 с.
2. Корчагина В.А. Геоэкологическая экспресс-оценка качества поверхностных водных ресурсов Ближнего Подворонежья / В.А. Корчагина, Т.И. Прожорина, С.А. Куролап // Вестник Воронежского гос. университета. Серия: География. Геоэкология. – 2008. – №2. – С. 64-70.
3. Муравьев А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / А.Г. Муравьев. – Санкт-Петербург: Крисмас+, 2009. – 218 с.
4. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учебное пособие / Т.И. Прожорина, Н.В. Каверина, А.Н. Никольская и др. – Воронеж: Истоки, 2010. – 304 с.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ

М.А. Клевцова, П.М. Виноградов

Неотъемлемой частью урбанизированной среды являются зеленые насаждения. Они выполняют санитарно-гигиенические, структурно-планировочные и декоративные функции. Растения способствуют уменьшению температуры воздуха, регулируют влажность, обладают газо- и шумопоглощающей способностью. При этом растения являются чувствительными организмами к комплексному стрессовому воздействию среды, что объясняется их тесной связью с субстратом и неподвижностью. Экстремальными условиями для их жизнедеятельности характеризуются именно городские экосистемы. Многообразие и зависимость жизненных функций растений от условий произрастания позволяют их рассматривать как основной объект экологического мониторинга среды. Изменения физиолого-биохимических процессов приводят к структурным перестройкам и видимым повреждениям у растительных организмов: хлорозам, некрозам, изменению параметров листьев, уменьшению прироста, отмиранию почек, стерилизации семян, разрастанию нижних побегов, изменению формы ветвления и т.п. Существенно изменяется онтогенез, наблюдается ускорение процессов старения и сокращение продолжительности жизни.

На состояние городской растительности воздействуют геохимические факторы (рис. 1), а также сильно трансформированные абиотические и биотические факторы. Выделяют стрессоры, действующие на корневую систему растений: изменение кислотности почв, переуплотнение, загрязнение корнеобитаемого слоя токсикантами, проявление процессов галогенеза (засоление), недостаток элементов питания, дефицит влаги и др. В другую группу входят факторы, оказывающие влияние на наземную часть: повышенное содержание в воздухе газообразных загрязняющих веществ (диоксид серы, углеводороды, угарный газ, оксиды азота и др.), аэрозольных примесей, которые ухудшают метаболические процессы.

Из вышесказанного следует, что биоиндикационная оценка качества городской среды по реакциям растений является актуальным направлением экологического мониторинга урбосреды.



Рис. 1. Влияние загрязняющих веществ на развитие древесных растений в городе и в лесу (составлено по данным F. Freydet [12])

В рамках данного научного проекта в 2013 - 2016 гг. было проведено обследование 70 точек на территории города Воронежа. В качестве биоиндикаторов выбраны следующие виды: тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis*) и береза повислая (*Betula pendula* Roth.). В пунктах мониторинга были заложены пробные площадки, на каждой из которых определяли диаметр (см) дерева с помощью мерной вилки и высоту (м) электронным эклиметром (табл. 1). Установлено, что степень варьирования данных морфометрических показателей в 75% точек средняя или низкая. Корреляционная связь между высотой и диаметром достоверная, высокая ($r > 0,70$).

Визуально, используя бинокль, устанавливали густоту кроны (в процентах от нормальной густоты), наличие мертвых побегов на стволе и степень повреждения листового аппарата. В результате на-

блюдений была проведена оценка жизненного состояния древостоев по методике В.А. Алексеева [1]. В ходе дендрологического обследования получены данные о характере распределения деревьев на пробных площадях по категориям состояния: I – без признаков ослабления, II – ослабленные, III – сильно ослабленные, IV – усыхающие, V – свежий сухостой, VI – старый сухостой).

Таблица 1

Средние значения морфометрических параметров деревьев по функциональным зонам

Функциональная зона*	Высота (\bar{H}), м		Диаметр ствола на уровне 1,5 м (\bar{D}), см	
	береза повислая	тополь пирамидальный	береза повислая	тополь пирамидальный
Жилая ЦИ	20,0	24,0	28,7	36,3
Жилая СП	8,0	18,2	16,0	40,2
Жилая ЧС	12,0	22,0	33,5	38,1
Рекреационная	21,0	19,7	27,2	30,6
Транспортная	14,5	17,5	31,3	35,0
Промышленная	14,3	20,3	23,0	34,6
Фон	24,0	24,0	27,0	35,0
Фон	20,0	22,0	24,0	30,0

**) В жилой зоне выделено три подзоны: жилая ЦИ – центральная историческая часть города (включая общественно-деловую застройку и «старую» пятиэтажную застройку по обоим берегам); жилая СП – кварталы с современной многоэтажной застройкой; жилая ЧС – частный сектор (преимущественно одноэтажная жилая застройка).*

За период исследования нами описано более 900 экземпляров тополя пирамидального и около 500 экземпляров березы повислой на территории города Воронежа.

Внешний вид дерева (габитус), на основе которого выносится суждение о категории жизненности, определяется совокупностью нескольких основных признаков, каждый из которых может быть достаточен для заключения.

Математическая обработка материала проводилась с помощью пакета анализа MS EXCEL и STATISTICA 6.1. Для интерпретации данных применялись программные продукты MapInfo Professional и Gimp.

На основании данных, полученных в результате таксации деревьев и оценки их состояния на пробных площадях, рассчитывался инте-

гральный показатель относительного жизненного состояния древостоев (L_n) по соответствующей формуле. Результаты расчетов, полученные в 2015-2016 гг., представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

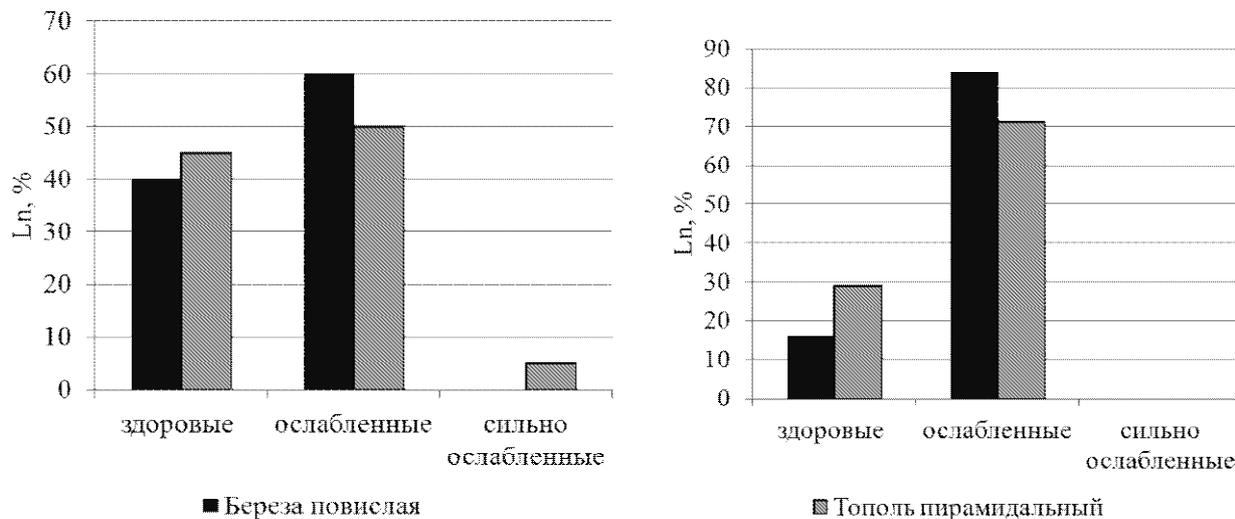


Рис. 2. Распределение древостоев по категориям жизненного состояния (слева – правый берег, справа – левый берег)

Оценка жизненного состояния древостоев показала, что в настоящее время деревья, произрастающие на левом берегу находятся в более ослабленном состоянии, чем на правом. На правобережье значительную долю составляют экземпляры без признаков угнетения. Однако, около 5% от всей выборки древостоев тополя пирамидального относятся к категории сильно ослабленных. Данное явление было зафиксировано в 2015 г. в точке №26 (ул. Лидии Рябцевой, 51б) [5]. В 2016 г. в категорию «сильно ослабленные» перешли древостои, произрастающие в точке №29 (Ясный проезд, 13) и № 32 (ул. 3 Интернационала, 4). Наблюдалась не только сухoverшинность кроны, но и полное усыхание деревьев.

Насаждения тополя в жилой и рекреационной зонах относятся к категории «здоровых» (L_n от 80 до 100 %). В транспортной зоне преобладают ослабленные экземпляры (L_n от 50 до 79 %), а в промышленной зоне древостои характеризуются как сильно ослабленные (L_n от 20 до 49 %).

Древостои березы характеризуются худшим жизненным состоянием. За исключением рекреационной зоны насаждения относятся к категории поврежденных, а в промышленной зоне – к сильно ослабленным.

Таблица 2

Распределение экземпляров видов-индикаторов
по жизненному состоянию, %

Вид	Категория состояния					
	I	II	III	IV	V, VI	L _n
<i>Жилая ЦИ</i>						
Береза повислая	6,7	86,7	6,7	0	0	67,7
Тополь пирамидальный	58,4	39,2	0	2,5	0	85,9
<i>Жилая СП</i>						
Береза повислая	31,6	63,2	0	0	5,3	72,0
Тополь пирамидальный	86,2	13,8	0	0	0	95,9
<i>Жилая ЧС</i>						
Береза повислая	58,8	17,6	5,9	0	0	73,5
Тополь пирамидальный	79,5	20,5	0	0	0	93,9
<i>Рекреационная</i>						
Береза повислая	75	15	5	5	0	87,8
Тополь пирамидальный	97,5	2,5	0	0	0	99,3
<i>Транспортная</i>						
Береза повислая	33,3	38,9	5,6	0	22,2	63,9
Тополь пирамидальный	35,0	55	0	5	5	73,8
<i>Промышленная</i>						
Береза повислая	7,5	27,7	37,8	24,6	2,5	39,4
Тополь пирамидальный	11,8	29,4	41,2	5,9	11,8	49,1
<i>Фон</i>						
Береза повислая	87,5	12,5	0	0	0	96,3
Тополь пирамидальный	89,6	10,4	0	0	0	96,9

Сухостой среди видов-индикаторов отмечен в зоне активного влияния выбросов стационарных и передвижных источников загрязнения. Как правило, усыхание и выпадение деревьев в городских на-

саждения объясняется следующими причинами: неблагоприятные эдафические условия, отсутствие своевременного ухода, загрязнение почвы и воздуха, механическое повреждение деревьев, воздействие фитопатогенов. В большинстве случаев данные факторы действуют комплексно.

Таким образом, наиболее сильный стресс испытывают придорожные насаждения в связи с интенсивным влиянием выбросов от автотранспорта и экстремальными эдафическими условиями (прежде всего, вследствие переуплотнения нарушается режим аэрации почвенного покрова), а также древостои, произрастающие вблизи промышленных зон.

В пунктах мониторинга нами также проводился отбор органического материала с целью последующего определения показателя флуктуирующей асимметрии листовых пластинок [8]. В основу работы положены методические рекомендации по оценке качества среды, разработанные в Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН авторским коллективом ученых под руководством доктора биологических наук, член-корреспондента РАН В.М. Захарова [4] и утвержденные Распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р [9]. Особенностью этой методологии является то, что для оценки «здоровья» экосистемы используются не экосистемные и популяционные показатели как таковые, а показатели состояния организмов разных видов.

Общее количество обследованных деревьев на территории города Воронежа составило около 1 080, проанализированных листьев за весь период исследования – 6 300.

Для каждого признака вычисляли относительные величины асимметрии, затем считали средний показатель асимметрии M_x и ошибку среднего m_M для каждого листа. Оценка флуктуирующей асимметрии тополя пирамидального выражалась средней арифметической величиной на каждой пробной площадке. В таблице 3 приведены данные за 2015-2016 гг.

Установлено, что интегральный показатель флуктуирующей асимметрии листьев тополя пирамидального варьирует в пределах от 0,052 до 0,114; березы повислой – от 0,003 до 0,115. В районе санатория им. Горького данный показатель для тополя составляет 0,057, для березы – 0,004; в п.г.т. Рамонь для тополя – 0,059, для березы – 0,005.

Таблица 3

Средние значения морфометрических параметров
листовых пластинок

Вид	Коэффициент флуктуирующей асимметрии ($M_x \pm m_M$)					
	1-й при- знак	2-й при- знак	3-й при- знак	4-й при- знак	5-й при- знак	Интеграль- ный показатель
<i>Жилая ЦИ</i>						
Береза повислая	0,037± 0,007	0,023± 0,003	0,107± 0,017	0,049± 0,008	0,025± 0,004	0,048±0,008
Тополь пира- мидальный	0,031± 0,005	0,030± 0,005	0,147± 0,025	0,099± 0,016	0,041± 0,007	0,069±0,007
<i>Жилая СП</i>						
Береза повислая	0,040± 0,006	0,020± 0,003	0,095± 0,019	0,044± 0,007	0,028± 0,004	0,045±0,005
Тополь пира- мидальный	0,033± 0,005	0,028± 0,003	0,130± 0,024	0,105± 0,018	0,035± 0,006	0,067±0,007
<i>Жилая ЧС</i>						
Береза повислая	0,030± 0,006	0,022± 0,004	0,076± 0,010	0,049± 0,006	0,033± 0,004	0,042±0,006
Тополь пира- мидальный	0,029± 0,004	0,030± 0,004	0,135± 0,021	0,101± 0,016	0,037± 0,005	0,066±0,006
<i>Рекреационная</i>						
Береза повислая	0,038± 0,007	0,020± 0,004	0,072± 0,013	0,048± 0,007	0,037± 0,006	0,043±0,008
Тополь пира- мидальный	0,036± 0,004	0,032± 0,005	0,148± 0,027	0,112± 0,019	0,050± 0,007	0,076±0,006
<i>Транспортная</i>						
Береза повислая	0,037± 0,006	0,022± 0,004	0,110± 0,021	0,057± 0,009	0,042± 0,008	0,054±0,010
Тополь пира- мидальный	0,037± 0,006	0,040± 0,005	0,169± 0,022	0,121± 0,015	0,058± 0,009	0,086±0,007
<i>Промышленная</i>						
Береза повислая	0,035± 0,006	0,026± 0,005	0,120± 0,018	0,054± 0,010	0,038± 0,007	0,055±0,009
Тополь пира- мидальный	0,032± 0,004	0,033± 0,005	0,187± 0,032	0,122± 0,018	0,064± 0,009	0,087±0,007

Нами была модифицирована шкала стабильности развития березы повислой, разработанная В.М. Захаровым с соавторами, применительно к тополю пирамидальному (табл. 4).

Таблица 4

Шкала оценки качества среды по величине интегрального показателя стабильности развития листовой пластинки вида-индикатора

Балл	Показатель стабильности развития березы повислой	Показатель стабильности развития тополя пирамидального	Степень отклонения от нормы
I	<0,040	<0,059	Условная норма
II	0,041...0,044	0,060...0,069	Начальное отклонение от нормы
III	0,045...0,049	0,070...0,079	Средний уровень отклонений от нормы
IV	0,050...0,054	0,080...0,089	Существенные (значительные) отклонения от нормы
V	>0,054	>0,089	Критическое состояние

Значения интегрального показателя асимметрии, соответствующие первому баллу, обычно наблюдаются в выборках растений из оптимальных экологических условий произрастания. Критические значения показателя асимметрии отмечаются в стрессовых условиях, когда растение находится в сильно угнетенном состоянии.

По результатам исследований можно сказать, что экологическое состояние среды в черте города Воронежа неоднородно. Минимальные значения коэффициента флуктуирующей асимметрии листовых пластинок тополя пирамидального зафиксированы по ул. Ипподромной, ул. Дарвина, ул. Нагорной (пункты мониторинга характеризуются первым баллом качества среды). Наблюдается повышение значений данного параметра до 5 баллов в следующих точках: № 29 (Ясный проезд) – 0,101; № 31 (ул. Холмистая) – 0,101; № 38 (ул. Пирогова) – 0,114; № 45 (ул. Матросова) – 0,092. Следовательно, наиболее высокие значения флуктуирующей асимметрии листовой пластинки отмечались в выборках листьев, отобранных в промышленно-транспортных зонах. Это указывает на снижение стабильности развития древесных растений.

Наибольшее отклонение от нормы показателя стабильности развития для березы повислой отмечается по ул. Хользунова, ул. Саврасова – ул. Заслонова; ул. Володарского, что соответствует критическому состоянию среды. Балльная шкала коэффициента флуктуирующей асимметрии по исследуемым точкам приведена на рисунке 3.

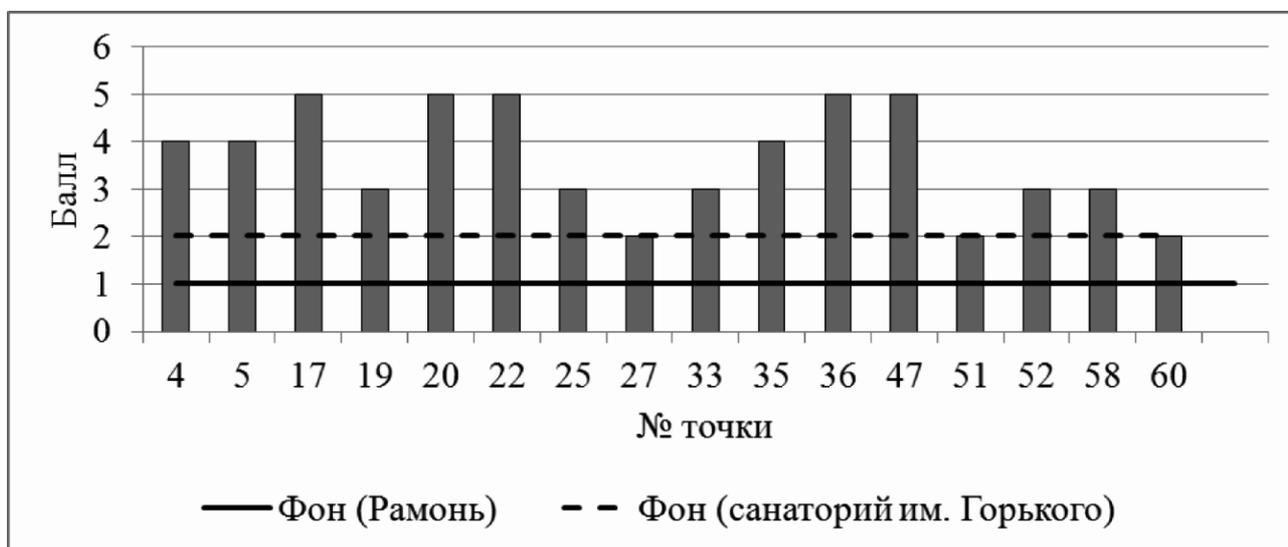


Рис. 3. Варьирование интегрального коэффициента флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой по балльной шкале

Минимальный коэффициент асимметрии имели образцы, отобранные в следующих пунктах: ул. Шишкова, 53, парк «Алые паруса». Интегральные значения показателя соответствует двум баллам (незначительное отклонение от условной нормы).

Пункты, расположенные по ул. 9 Января, 49; ул. Героев Стратосферы, 8; Парк «Авиастроителей», имеют значительное отклонение от нормы. Причем, точка №35 (ул. 9 Января) расположена вблизи одной из крупных магистральных улиц города, где наблюдается интенсивное движение автотранспорта.

В последние десятилетия 80-90% от валового выброса всех загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Воронеже приходится именно на автотранспорт [5]. По литературным данным выхлопные газы распространяются от дорожного полотна на расстояние 100-200 м и до высоты восьмого этажа за счет легких фракций SO₂ и NO₂.

На большей части обследованной территории города Воронежа выделяются участки с критическим состоянием среды (11 % от общего числа точек), районы со значительными отклонениями от нормы (39 %); со средними отклонениями (25 %); с незначительными откло-

нениями (18 %) и с условно нормальным состоянием среды (7 %). По степени ухудшения состояния городской среды можно выстроить функциональные зоны в следующий ряд: *рекреационная – жилая ЧС – жилая СП – жилая ЦИ – транспортная – промышленная.*

В качестве основы для биоиндикационных карт была взята оцифрованная карта исследуемой территории. Для создания тематического слоя флуктуирующей асимметрии листьев тополя пирамидального как индикатора состояния городской среды мы использовали метод интерполяции (рис. 4).

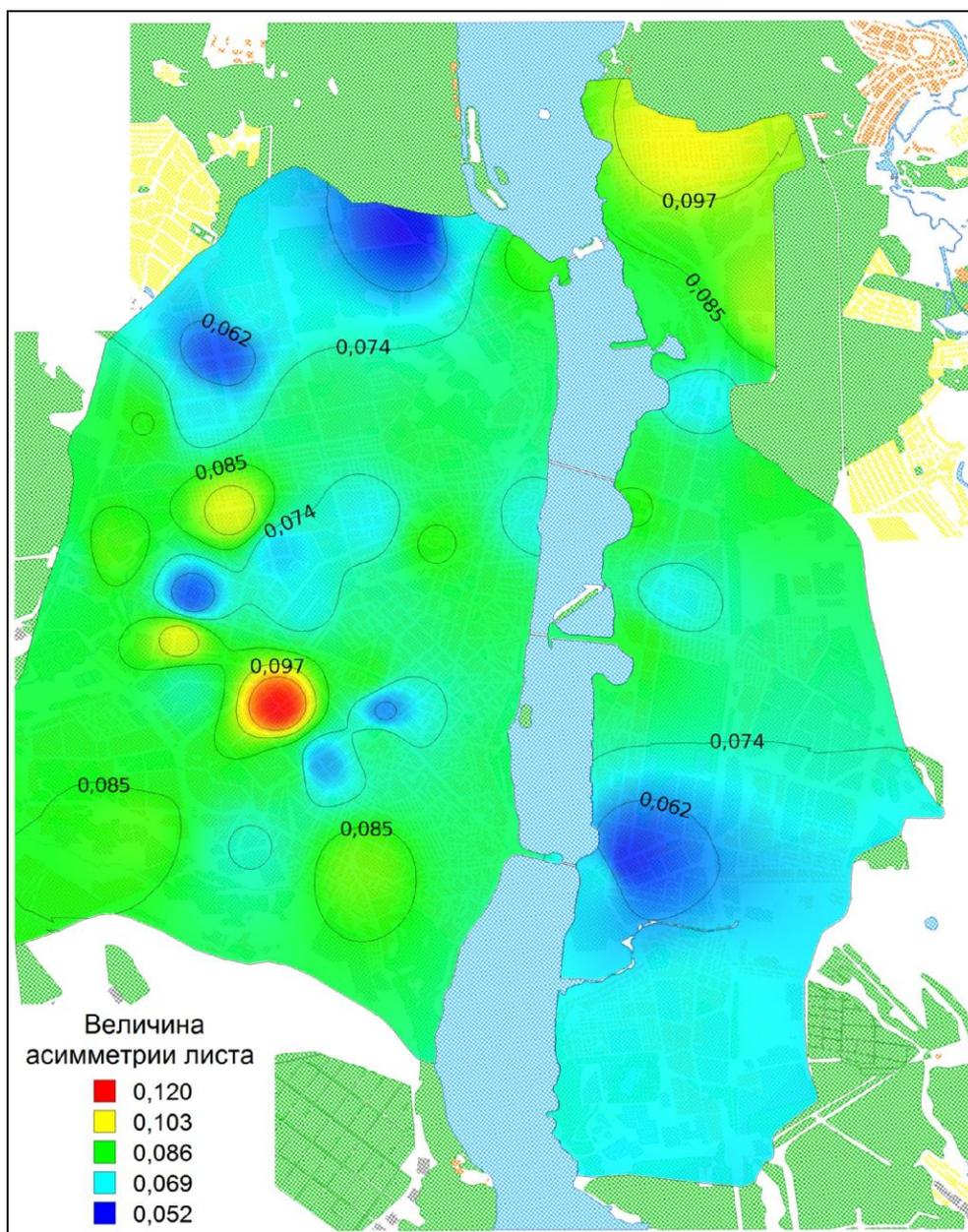


Рис. 4. Пространственное распределение значений интегрального коэффициента флуктуирующей асимметрии тополя пирамидального на территории г. Воронежа

Флуктуирующая асимметрия представляет собой незначительные, случайные отклонения от двусторонней симметрии в структурах, которые, как правило, являются билатеральными. Эти изменения в развитии организма отражают влияние внешних факторов среды. Данный метод оценки состояния урбанизированных территорий является быстрым, простым и недорогим, часто используется для определения уровня экологического стресса [13]. Однако, увеличение асимметрии наблюдается также и при мутациях, гибридизации [14]. Поэтому основным недостатком использования показателя флуктуирующей асимметрии в качестве диагностического является трудность различия генетических изменений от влияния экологических факторов.

Флуктуирующая асимметрия является результатом влияния целого ряда стрессовых факторов среды. Поэтому установить конкретные причины нарушения стабильности развития листовых пластинок без проведения дополнительных биогеохимических исследований не представляется возможным. Тем не менее, данный морфологический признак зарекомендовал себя именно для комплексной биоиндикационной оценки качества городской среды.

На исследуемой территории города Воронежа нами отмечалось наличие паразитарных повреждений. В частности, на тополе зафиксированы гнилевые поражения, повреждения листогрызущими насекомыми, листовертками, тополевой молью. По мере увеличения возраста древесных растений ослабевают их защитные механизмы, снижается устойчивость к абиотическим стрессорам, техногенному загрязнению. Поэтому необходимо дифференцировано подходить к срокам омоложения насаждений. В Воронеже проводится обрезка только суховершинных экземпляров, что стимулирует рост наземной части. Примерами могут служить зеленые насаждения по ул. Пешестрелецкой, Бульвару Победы, ул. Ленинградской и др.

Экологическое состояние древостоев зависит и от категории насаждений. В городских условиях оптимальными для произрастания являются территории парков, несколько худшими – бульвары и скверы, и неблагоприятными – уличные насаждения. Причем по периферии парков и скверов наблюдается сильная загазованность, вследствие расположения в непосредственной близости от них крупных магистральных улиц (Московский пр-т, Ленинский пр-т, ул. 9 Января, ул. Кирова, ул. Ворошилова, ул. Матросова). В центральной части парковых территорий нами отмечено наименьшее отклонение от нормы морфометрических структур у древесных растений.

На состояние древостоев влияет и состояние почвенного покрова. Так, почвы города Воронежа в основном являются низкопродуктивными, мало- и среднеплодородными, в отдельных зонах загрязнены тяжелыми металлами, нефтепродуктами, что сильно влияет на состояние зеленых насаждений и устойчивость древесных пород.

Природные компоненты урбосреды, и, в первую очередь, растения как объекты фитомониторинга, могут использоваться для получения информации как о недавнем и кратковременном, так и о длительном (хроническом) воздействии загрязняющих веществ в течение определенного периода времени в прошлом [2, 7]. Пороговые концентрации загрязнителей, влияющих на растительные и животные организмы, зачастую существенно различаются, а поскольку практика использования существующих нормативов ПДК основывается на реакциях животных организмов, растения в ряде случаев оказываются более чувствительными сенсорами [3, 6].

На основе вышеприведенных данных можно сделать следующие выводы.

Во-первых, жизненное состояние древостоев в разных пунктах мониторинга обусловлено различной интенсивностью действия антропогенных стрессоров. Признаки ослабления деревьев (суховершинность, изреживание кроны, хлорозы и некрозы) появляются вследствие длительного контакта ассимилирующего аппарата с атмосферными загрязнителями, а также поступления токсикантов через корневую систему, нарушения аэрации и структуры почвы, недостатка минерального питания растений.

На обследуемой территории города Воронежа прослеживается четкая зависимость жизненного состояния древесных растений от условий внешней среды. Древесные растения, произрастающие в рекреационной зоне, относятся к категории здоровых или ослабленных, на магистралях – к категории сильно ослабленных. Кроме того, на состояние древостоев оказывают влияние метеоусловия в период вегетации. Так, недостаток влаги усиливает повреждаемость ассимиляционного аппарата на фоне антропогенного стресса.

Во-вторых, на исследуемой территории интегральный показатель флуктуирующей асимметрии варьировал у листовых пластинок тополя пирамидального в пределах от 0,052 до 0,114; у березы повислой – от 0,003 до 0,115. Наиболее высокие значения отмечены в промышленно-транспортных зонах (улицы Ясный проезд, Холмистая, Пирогова, Матросова и др.). На данных участках прослеживается суммарное негативное влияние выбросов стационарных и передвиж-

ных источников загрязнения. Следовательно, указанные территории можно отнести к неблагоприятным для произрастания древесных растений. В большинстве точек наблюдается превышение фоновых значений.

В-третьих, из изученных признаков наибольшая асимметрия во всех точках исследования для тополя пирамидального отмечена по 1-му признаку (расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок), а наименьшая – по 2-му признаку (длина 2-й жилки). Наиболее высокая степень варьирования характерна для 1-го признака ($V=25\%$).

Для березы повислой превышение фоновых значений отмечено в 53% случаев по 1-му, 3-му, 4-му признакам. Наименьшие отклонения зафиксированы по 5-му признаку (угол между центральной и второй жилками). Из изученных признаков наибольшая величина асимметрии отмечена по 3-му признаку для образцов, отобранных на улице Ломоносова, 83. Наименьшая величина зафиксирована по 2-му признаку на ул. Ипподромной, 55.

В-четвертых, мониторинг состояния зеленых насаждений – это постоянно действующая система оперативного контроля за нарушением их устойчивости [10, 11], повреждением вредителями, поражением болезнями и другими природными и антропогенными факторами среды, нарушением их условий жизнедеятельности, загрязнением и насыщенностью нужными питательными веществами почвенного слоя их произрастания. Кроме того, это система слежения за динамикой этих процессов, обеспечивающая раннее выявление неблагоприятного состояния насаждений.

Таким образом, для того, чтобы оздоровить среду обитания в городских поселениях, необходимо сначала оценить ситуацию, соотнести состояние урбоэкосистем по всем параметрам на всей территории с величиной антропогенной нагрузки, определить наиболее нарушенные компоненты городской среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В.А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. №4. – С. 51-57.
2. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Э. Вайнерт [и др.]; под ред. Р. Шуберта; пер. с нем. Г. И. Лойдиной, В. А. Турчаниновой; под ред. Д. А. Криволицкого. – Москва : Мир, 1988. – 348 с.
3. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование : / [О.П. Мелехова и др.] ; под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Сарapultцевой . – 2-е изд., испр. – Москва : Academia, 2008. – 287 с.

4. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров [и др.]. – Москва: Центр экологической политики России, 2000. – 66 с.
5. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. – 232 с.
6. Кавеленова Л. М. Экологические основы и принципы построения системы фитомониторинга урбосреды в лесостепи / Л. М. Кавеленова // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. – 2003. – 2-ой спец. вып. – С. 182-191.
7. Каплин В. Г. Биоиндикация состояния экосистем: учеб. пособие / В.Г. Каплин. – Самара: Самар. гос. акад., 2001. – 143 с.
8. Клевцова М.А. Биоиндикация состояния городской среды по реакциям древесных растений (на примере г. Воронежа) / М.А. Клевцова, П.М. Виноградов // Экологические системы и приборы. – 2015. – № 2. – С. 3-12.
9. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур) [Электронный ресурс] / Центр экологической политики России. – Москва, 2003. – URL: [http:// www.ecopolicy.ru /upload/MetRecom.doc](http://www.ecopolicy.ru/upload/MetRecom.doc). (дата обращения 15.09.2015).
10. Попова О.В. Биоиндикация загрязнения атмосферы промышленного города (на примере г. Липецка) : автореферат дис. . канд. геогр. наук : 25.00.36 / О.В. Попова ; Воронеж. гос. ун-т; науч. рук. А.И. Федорова. – Воронеж, 2007. – 21 с.
11. Удянская Е.А. Геоэкологическое состояние городской среды: диагностика и организация мониторинга: автореф. дис. ...канд. геогр. наук / Е.А. Удянская. – Белгород, 2003. – 23 с.
12. Freytet F. L'Arbre en Ville. Essai d'explication des comportements. L'exemple d'une ville nouvelle : SaintQuentin-en-Yvelines / F. Freytet. – Paris, ENITEF-IDF, 1990. – 56 p.
13. Hoffmann A.A. Extreme Environmental Change and Evolution / A.A. Hoffmann, P.A. Parsons. – Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 259 p.
14. Parsons P.A. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress / P.A. Parsons // Biological Review. – 1990. – vol. 65. – pp. 131–145.

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ ПО РЕАКЦИЯМ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

М.А. Клевцова, А.И. Якунин

Развитие городских агломераций сопровождается антропогенным изменением экосистем. При этом сохранение природного комплекса и создание экологически благоприятной среды обитания являются важнейшими проблемами современности.

Зеленые насаждения – это составная часть природного комплекса города Воронежа, основа его экологического каркаса. Растения выполняют средообразующую и средозащитную функцию, т.к. поглощают и нейтрализуют часть загрязнителей, задерживают пылевидные частицы.

Окружающая среда промышленно развитых городов отличается не только основными экологическими факторами, но и специфическими техногенными воздействиями. При этом растительность в урбоэкосистемах играет важную роль в «смягчении» негативного воздействия на человека в условиях городской среды обитания. Однако, несмотря на высокую санитарно-гигиеническую роль, зеленые насаждения также испытывают сильный стресс, что приводит к ослаблению, преждевременному старению, снижению продуктивности и гибели растительных организмов [15, 18].

Вышесказанное подтверждает, что изучение ответных реакций растений под действием факторов внешней среды является актуальным направлением. Экологические исследования в данной области позволяют охарактеризовать особенности накопления химических элементов, входящих в состав растений и дают возможность использовать полученные знания для определения функционального состояния данных организмов [7].

У растений онтогенез происходит в процессе непрерывного взаимодействия генома и экологических факторов внешней среды через систему биохимических реакций. Именно благодаря этому оказывается возможным использование данных организмов в роли биоиндикаторов.

Целью настоящей работы является эколого-геохимическая оценка состояния древесных растений в городских условиях на примере города Воронежа.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) проанализировать научные публикации, посвященные накоплению тяжелых металлов в живых организмах, а также воздействию тяжелых металлов на рост и развитие растений;

2) провести эколого-геохимические исследования по следующим параметрам: зольность коры и листьев, содержание тяжелых металлов в побегах вида-индикатора – березы повислой (*Betula pendula* Roth.);

3) на основе полученных результатов сделать выводы о состоянии окружающей среды на территории города Воронежа.

Среди загрязняющих веществ, с которыми взаимодействуют растения на урбанизированных территориях, широко распространены соединения металлов. Их накопление в растительных организмах изучают главным образом для индикации состояния среды. Например, данный аспект представлен в работах И.Л. Бухариной [1], Р.А. Норышевой [8], Н.В. Прохоровой с соавт. [11], Т.А. Парибок [13], Н.С. Касимова Н.С. с соавт. [17] и других авторов.

Главный источник поступления тяжелых металлов в растения – это их питательная среда, т.е. почвенные растворы. Тем не менее, накопление металлов в листьях деревьев связано и с поступлением их из загрязненного воздуха. Частично поллютанты удаляются с поверхности листового аппарата осадками и ветром, но часть их проникает внутрь тканей. Удержание и накопление металлов зависит от характера поверхности листа и его морфологических особенностей (на гладких листьях накопление меньше, чем на шероховатых, опушенных).

Таким образом, тяжелые металлы поступают в растения из разных сред: как из почвы, так и из атмосферы. Например, загрязнение растений атмосферным кадмием составляет 20-60% от всего содержания этого металла в растении. Поступивший Cd может передвигаться по всему организму. Основным механизмом транспорта кадмия является ионный обмен на стенках проводящих сосудов ксилемы [14].

На рост и развитие древесных растений влияют как содержание, так и динамика основных элементов минерального питания в побегах. Ряд соединений тяжелых металлов (цинк, железо, марганец, медь) необходим для минерального питания растений. Однако, при повышенном содержании в растительной ткани данные элементы становятся опасными для организма. Поэтому важной и актуальной задачей является оценка динамики накопления в древесных растениях тяжелых металлов на урбанизированных территориях.

Первое место среди токсикантов, накапливаемых и поглощаемых растениями, принадлежит соединениям свинца. Поступление свинца происходит в основном через корневую систему, а также через ассимиляционный аппарат. Содержание атмосферного свинца в растениях, произрастающих в непосредственной близости от автомобильных дорог, достигает примерно 40% от общего количества Pb в

растениях. Большая часть накопленного свинца располагается в вегетативных органах, а в репродуктивных органах накапливается всего 4-7% от общего содержания [14].

Подвижность металлов в почве также в значительной степени влияет на степень опасности элемента: чем более он подвижен, тем легче он поступает в почвенный раствор и проникает в растения. Высокой подвижностью в почве обладают кадмий, ртуть, мышьяк. Малоподвижны и, следовательно, менее опасны свинец, медь, никель и некоторые другие металлы.

Следовательно, растения могут быть пассивными аккумуляторами металлов, а также обеспечивать движение элементов в биосфере посредством биохимических и физиологических реакций. Форма нахождения металла в растительной ткани, как и в почве, играет решающую роль в самом процессе переноса химического элемента в другие живые организмы. Рост различных растений с увеличением концентрации металла (в питательном растворе) сначала ускоряется, затем довольно быстро достигает предела и в конечном итоге угнетается.

Таким образом, тяжелые металлы, поступая из почвы в растения, неравномерно распределяются в их органах и тканях [4].

Существует ряд закономерностей миграции и накопления тяжелых металлов в растения:

- способность различных видов поглощать и аккумулировать тяжелые металлы неодинакова;
- наличие у растений физиолого-биохимических защитных механизмов, которые препятствуют поступлению тяжелых металлов;
- отсутствие прямой связи между степенью загрязнения и мощностью поступления в растения тяжелых металлов [14].

В ряде случаев городские растения по внешнему облику выглядят вполне здоровыми. Но в условиях сильного загрязнения сначала возникают скрытые («невидимые») повреждения, которые быстро переходят в морфологические изменения (подсыхание листьев по краям, появление хлорозов, некрозов, скручивание листьев и т.п.) [3]. Эти признаки свидетельствуют о неблагоприятных экологических условиях для растений. Можно заметить признаки подобных повреждений у деревьев, растущих в зоне влияния промышленных предприятий, а также вблизи автобусных остановок и перекрестков.

В 2013-2016 гг. нами проведено дендрологическое обследование в 70 пунктах мониторинга состояния городской среды. Установлено, что в городе Воронеже произрастает большое количество видов древесных растений, как аборигенных, так и интродуцированных. Наиболее распространенными являются следующие породы: тополь пи-

рамыдальны (*Populus pyramidalis*), тополь чэрны (*Populus nigra* L.), ліпа мелкалістная (*Tilia cordata* Mill.), клен астролістны (*Acer platanoides* L.), бераза повіслая (*Betula pendula* Roth.), р'ябіна абывноўная (*Sorbus aucuparia* L.), робінія лжеакацыя (*Robinia pseudoacacia* L.), конскі каштан абывноўны (*Aesculus hippocastanum* L.), сосна абывноўная (*Pinus sylvestris* L.) і др. Данныя віды шырока прадставлены ў зяленых насаджэннях агульнага пользавання: парках, скверах, бульварах, набережных і т.п.

В якасцэ аб'екта ісследования быў выбран від-індыкатар, котры і являюцца чувствітэльным к въздействію экалагічэскіх стрессорав – бераза повіслая (*Betula pendula* Roth.). В хое эксперыментальных ісследованияў намі былі адрэделены следуючыя параметры: зольнасць коры і лісьцев, сoderжанне тязэлых металлов в побегав.

Одрэделение зольнасці коры і лісьцев. В гораде Воронежэ адна із астрых экалагічэскіх праблем сязана с загрязненіем атмасфернаго въздуха разлічнымі хімічэскімі агентамі: оксідамі азота, пылевіднымі частіцамі, альдегідамі і т.д. При этом самым эффеक्टывным методам моніторінга акружаючэй сроды счотаеця біоіндыкацыя, так как не требуец большіх затрат, сложного і дорогостоячэго аборудованія.

Одним із важных біогеохімічэскіх показателів являеця зольнасць. Она характэрызует ссоотношеніе мінеральных і органичэскіх вешчеств в растеніи. Величина зольнасці завіснт от разлічных факторов і вар'іруец в значітэльном діапазоне: от віда, възраста, аналізуемаго органа, сезона отбора проб, а также от экалагічэскіх условій проізрастанія растенія.

Для одределенія зольнасці коры і лісьцев отбор растітэльного матеріала провіділся в сродіне іюля 2014-2016 гг. Всього был проведен анализ в 11 точках. Фоноый учасок располочен на терріторіи санаторія ім. М.Горького.

Колічэство золы менаеця в пределах одного і того же растенія (напрымер, более богаты золой лісьця, затем – побегі і менее всего – корні) [2]. Основную массу растеній по хімічэскому ссоставу ссоставляюць чэтыре элемента органогена – углерод (45 %), кіслород (42 %), водород (6,5 %), азот (1,5 %). При сжиганіи растеній они улечувіваюцца в віде газообразных ссоедіненій, а оставшаяся несгораемая часть называеця золой. Зола ссодержнт большое колічэство элемеентов, ссреди котрых разлічаюць макроэлементы (фосфор, сера, калій, кальцій, магній), мікроэлементы (кобальт, медь, цінк, марганец, молібден, бор), а также, железо, натрій, кремній, хлор і ряд других [10].

В результате аналитических исследований, проведенных на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории Воронежского государственного университета, получены данные о процентном содержании золы, в состав которой входят и тяжелые металлы. Для вычисления «сырой» золы предварительно было проведено определение гигроскопической влаги.

Максимальное количество золы коры деревьев составляет 18,34 %, по «сырой» золе – 19,71%, что характерно для промышленной зоны (точка отбора №8 – ул. Старых Большевиков,47). Минимальные значения показателя зольности отмечены в точках №36 (ул. Володарского,60) – 7,99%, по «сырой» золе – 8,70%; №51 (парк «Алые паруса») – 8,27%, по «сырой» золе – 8,85%. На фоновом участке (точка №70 – санаторий им. Горького) зольность – 6,31%, «сырая» зола – 6,81%. По полученным данным зольности коры была составлена гистограмма (рис. 1).

Аналогично была определена зольность листовых пластинок березы повислой. Максимальное значение по золе – 19,48 %, по «сырой» золе – 20,79% характерно для промышленной зоны (точка отбора №8 – ул. Старых Большевиков,47). Минимальные значения золы зафиксированы для образцов, отобранных в точке №51 (парк «Алые паруса») – 8,29%, по «сырой» золе – 8,89%, и в точке №36 (ул. Володарского,60) по золе – 8,32%, по «сырой» золе – 8,87%.

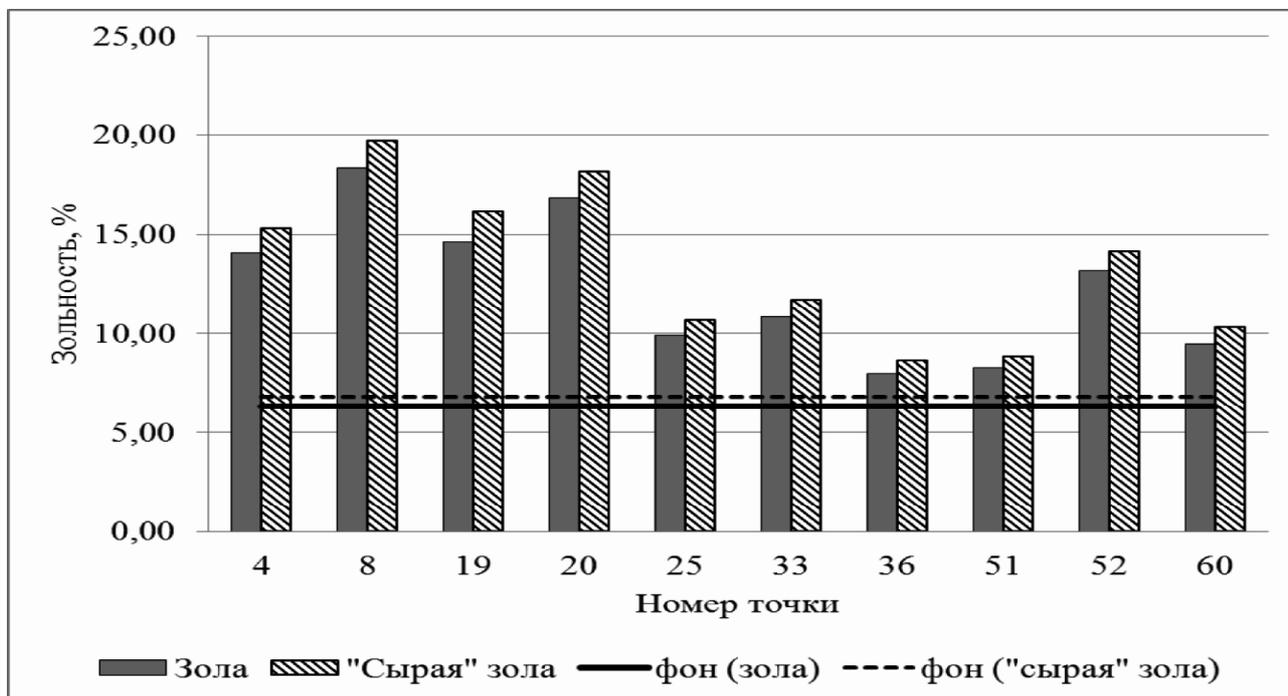


Рис. 1. Зольность коры березы повислой

В фоновой точке показатель зольности составляет – 6,71%, а «сырой» золы – 7,19%. Таким образом, повышенное содержание

зольных элементов в образцах коры березы повислой характерно для деревьев, произрастающих в промышленной зоне, а пониженное – в рекреационной и жилой зонах. По полученным данным зольности листьев была составлена гистограмма (рис. 2).

Опекунова М.Г. [9, 16] в своих работах отмечает, что важной биогеохимической характеристикой процессов, происходящих в экосистемах, является именно зольность. Данный показатель отражает уровень накопления минеральных веществ в организмах. В естественных условиях и при слабой антропогенной нагрузке при увеличении концентрации химических элементов в среде наблюдается повышение зольности растений. При нарастании загрязнения сначала идет увеличение общего содержания минеральных компонентов в растениях, затем по мере усиления загрязнения оно снижается. В живых тканях растений этот процесс может рассматриваться как саморегуляция в условиях стресса. В коре деревьев, характеризующейся безбарьерным типом аккумуляции, наблюдается прямая корреляция между зольностью и интенсивностью техногенеза.

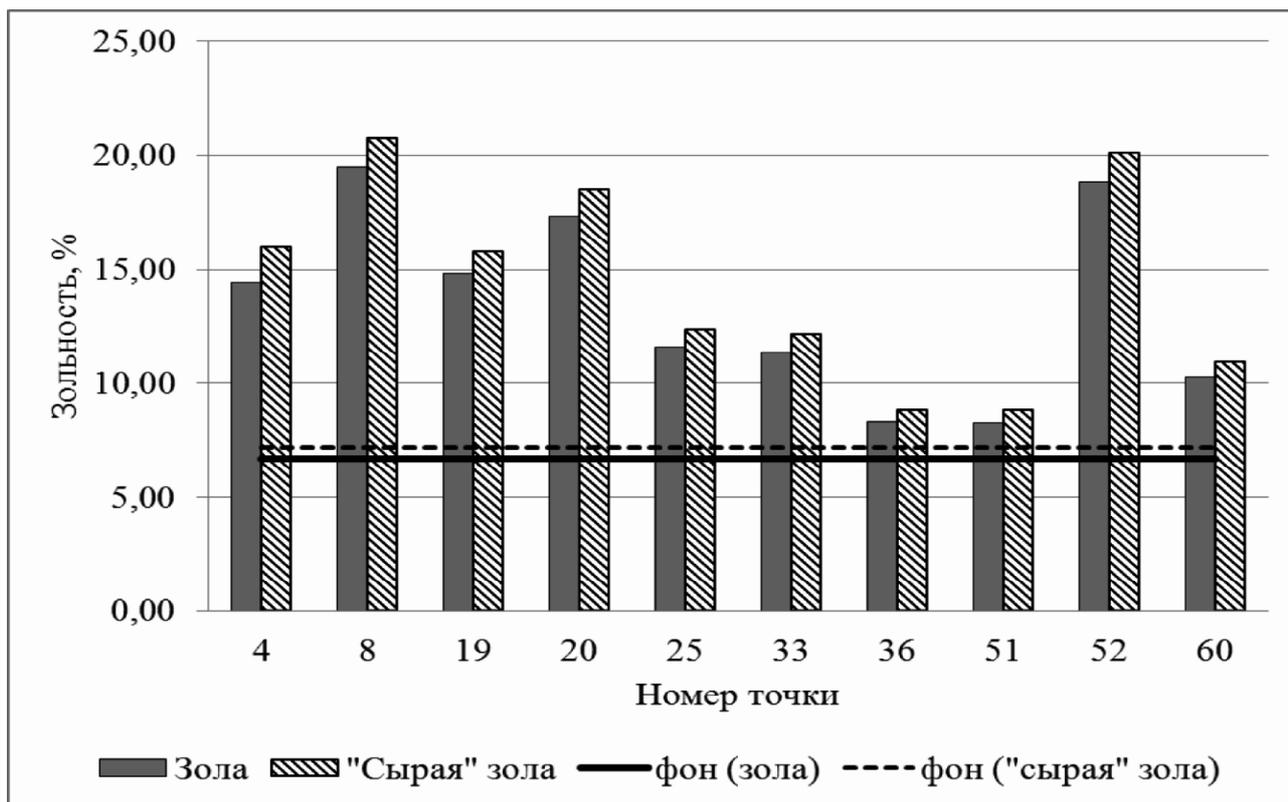


Рис. 2. Зольность листьев березы повислой

Изучение зависимости содержания зольных элементов в коре и листьях березы повислой, произрастающей в разных по степени техногенной нагрузки зонах города Воронежа (промышленная, транспортная, жилая, рекреационная, фоновая), подтвердило известную за-

кономерность о большей зольности органов деревьев на загрязненных территориях, чем на относительно чистых.

Зольность коры и листьев можно считать показателем адаптированности растений к данным условиям. Чем больше зольность, тем лучше приспособлено растение к условиям произрастания. Таким образом, зольность позволяет получить представление о степени загрязнения атмосферного воздуха, характеризуя газопоглотительную способность растений [5]. Поскольку самые высокие значения зольности деревьев приурочены к промышленным и транспортным зонам, а минимальные выявляются у деревьев, растущих в жилых, рекреационных и фоновых зонах, это позволяет использовать данный показатель в качестве фитоиндикационного признака загрязнения атмосферы города Воронежа.

Оценка содержания тяжелых металлов дитизиновым методом. Для определения содержания тяжелых металлов в побегах березы повислой использовалась цифровая насадка на микроскоп DCM130, которая является оптической системой, осуществляющей максимальную цветопередачу, при этом полученное изображение объекта можно наблюдать на экране компьютера. Входящие в комплект к данной камере программы MiniSee и ScopePhoto позволяют делать фото и видеозаписи с последующей их обработкой.

Проведенный анализ на содержание тяжелых металлов в побегах березы повислой в течение вегетационного периода позволяет проследить динамику накопления, а также определить концентрацию тяжелых металлов в зависимости от интенсивности окраски срезов по пятибалльной шкале [6]. Используемый в нашей работе гистохимический метод, предложенный И.В. Серегиним и В.Б. Ивановым [12], показывает суммарную аккумуляцию металлов в растительных тканях.

В ходе исследования поперечный срез побега условно был разделен на зоны: сердцевина, древесина и зона камбия. Определение тяжелых металлов проводилась по каждой зоне отдельно. Локализация металлов определялась визуально (рис. 3).

Основное действующее вещество, используемое в работе реактива – дитизон (дифенилтиокарбазон) – представляет собой черные фиолетовые кристаллы, растворимые во многих органических растворителях и образующие в присутствии металлов (Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr, Co и др.) окрашенные в оттенки красного разной насыщенности, не растворимые в нейтральных и кислых водных растворах соли – дитизонаты [12].

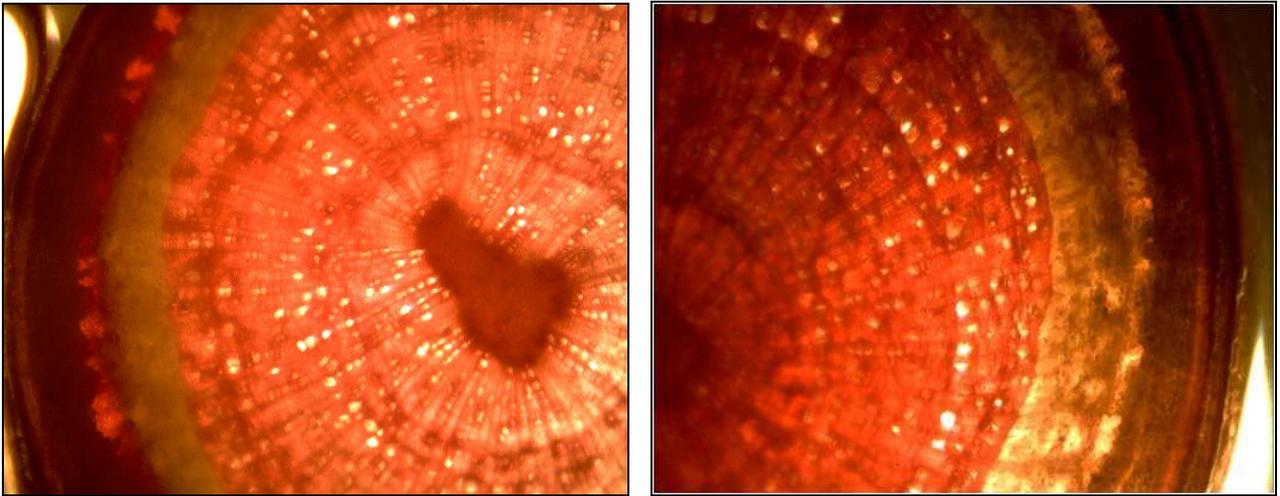


Рис. 3. Локализация тяжелых металлов в побегах березы повислой: слева – точка №20 (ул. Ломоносова, 83); справа – точка № 33 (парк «Орленок»)

В целом неспецифическая гистохимическая реакция с дитизоном позволяет выявить локализацию комплекса тяжёлых металлов в растительных тканях и отдельных клетках.

Из рисунка 4 видно, что во всех точках отбора отмечается наличие тяжелых металлов от очень низкого до среднего. В основном они сконцентрированы в сердцевине и древесине побегов березы повислой.

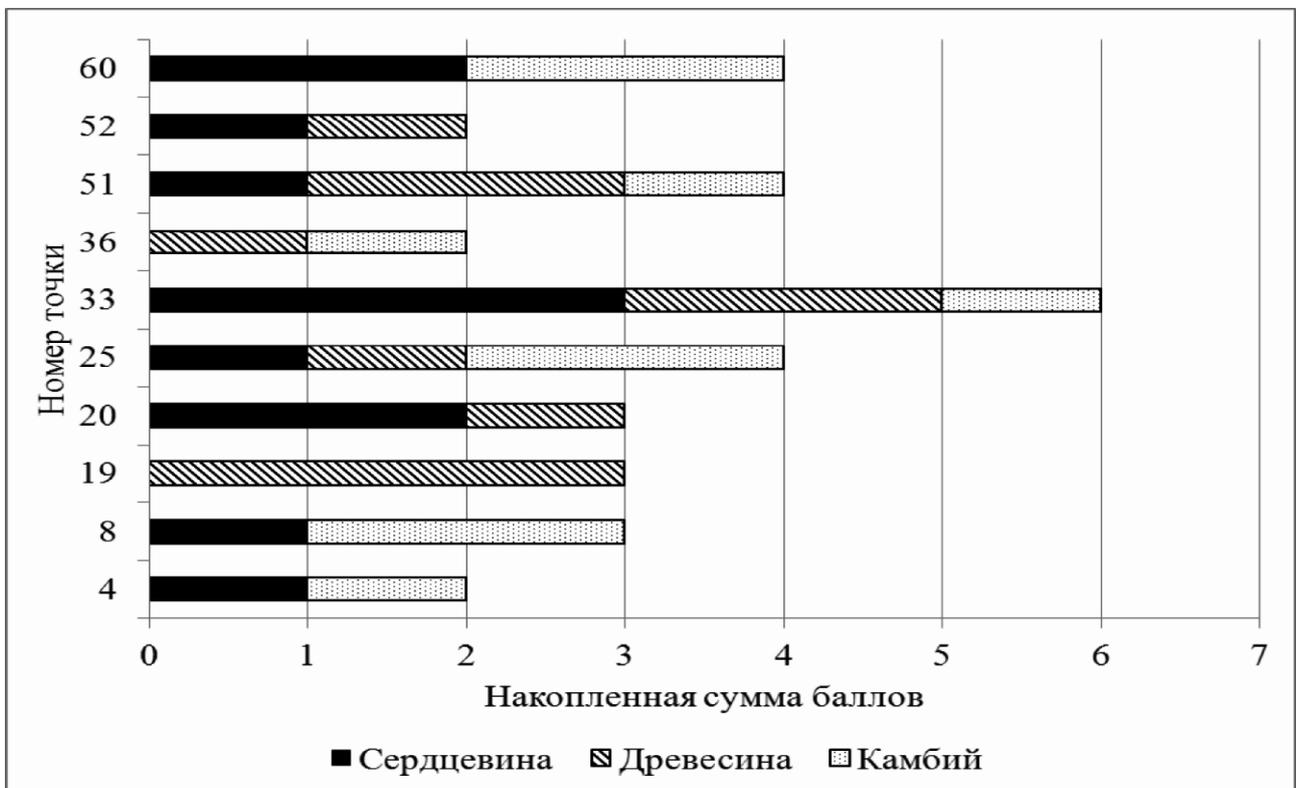


Рис. 4. Балльная оценка содержания тяжелых металлов в побегах березы повислой (2015 г.)

По степени накопления тяжелых металлов в разных частях среза получаем следующий ряд: зона камбия < зона древесины = зона сердцевины.

В ходе исследования была выявлена точка с максимальным содержанием тяжелых металлов (точка №33 – парк «Орленок»). В сердцевине количество тяжелых металлов соответствует 2-3 баллам, в древесине – 2 баллам, в зоне камбия – 1. Данная точка хоть и располагается в рекреационной зоне, но подвергается большему техногенному воздействию по сравнению с другими пунктами. Парк расположен в центральной части города, окружен ул. Ф. Энгельса и ул. Феоктистова, характеризующимися высокой транспортной нагрузкой. Точки с наименьшим содержанием тяжелых металлов – №4 (парк «Авиастроителей») и №36 (ул. Володарского, 60).

В результате проведенных нами исследований получены следующие выводы.

Во-первых, ежегодно в городе Воронеже возрастает уровень техногенного воздействия, что обусловлено, прежде всего, увеличением транспортной нагрузки. Это оказывает отрицательное влияние на все компоненты урбоэкосистем, в том числе и на рост и развитие древесных растений.

В условиях повышенного загрязнения (выхлопные газы автомобилей, выбросы промышленности, загрязнение почвы и т.д.) происходят изменения внешнего облика растений, характеризующиеся следующими повреждениями: изменение окраски, появление некрозов, деформация листовых пластинок и т.п. Эти признаки говорят о неблагоприятных условиях произрастания. Можно заметить подобные повреждения у деревьев, растущих вблизи промышленных предприятий, а также в местах остановки транспортных средств.

Во-вторых, максимальное содержание золы в коре составляет 18,34 %, что характерно для промышленной зоны (точка №8 – ул. Старых Большевиков, 47). Минимальные значения показателя зольности отмечены в точках №36 (ул. Володарского, 60) – 7,99%, №51 (парк «Алые паруса») – 8,27%. На фоновом участке в точке №70 (санаторий им. М.Горького) зольность – 6,31%. Аналогичные данные получены по зольности листовых пластинок березы повислой. Таким образом, повышенное содержание зольных элементов в образцах коры березы повислой характерно для деревьев, произрастающих в промышленной зоне, а пониженное – в рекреационной и жилой зонах.

В-третьих, во всех точках отбора отмечается наличие тяжелых металлов от очень низкого до среднего, в основном они сконцентри-

рованы в сердцевине и древесине побегов березы повислой. Максимальное содержание тяжелых металлов зарегистрировано в парке «Орленок». Несмотря на то, что данная точка относится к рекреационной зоне, она подвергается большому техногенному воздействию. Точки с наименьшим содержанием тяжелых металлов: №4 (парк «Авиастроителей»), №36 (ул. Володарского, 60), фоновая точка №70 (санаторий им. М.Горького).

В ходе исследований нами подтверждено, что по вариации интенсивности окраски срезов побегов древесных растений можно определить уровень загрязнения атмосферного воздуха и почвенного покрова тяжелыми металлами. Используемый в работе гистохимический метод определения тяжелых металлов отличается экспрессностью, информативностью и малой затратностью. Следовательно, рекомендуется его применять при проведении экологического мониторинга урбанизированных территорий.

Таким образом, береза повислая является чувствительным видом-индикатором состояния окружающей среды. Под влиянием антропогенных стрессоров в городских условиях диапазон поглощения тяжелых металлов меняется, что приводит к изменению устойчивости растений и последующему ухудшению их жизненного состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бухарина И.Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварницина, К.Е. Ведерников. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
2. Воскресенская О.Л. Эколого-физиологические подходы при изучении адаптации в онтогенезе однолетников / О.Л. Воскресенская // Принципы и способы сохранения биоразнообразия. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2006. – С. 7-8.
3. Горышина Т. К. Растение в городе / Т.К. Горышина. – Ленинград: Изд-во Ленинградского ун-та, 1991. – 202 с.
4. Давыдова С.Л. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: учеб. пособие / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. – Москва: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2002. – 138 с.
5. Ишимова А.Е. Зольность листьев, хвои и коры древесных растений как индикаторный признак загрязнения воздушного бассейна г. Семей / А.Е. Ишимова // Проблемы геологии и освоения недр. – 2012. – С. 547-549.
6. Клевцова М.А. Биоиндикация загрязнения урбанизированных территорий тяжелыми металлами / М.А. Клевцова // Экологическая

оценка и картографирование состояния городской среды : сб. науч. статей . – Воронеж, 2014 . – С. 130-143.

7. Кулагин А.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей / А.А. Кулагин, Ю.А. Шагиева; Отв. ред. Г.С. Розенберг. – Москва: Наука, 2005. – 190 с.

8. Норышева Р.А. Биоиндикация техногенного загрязнения экосистем в городских условиях (на примере г. Омска): монография / Р.А. Норышева, А.И. Григорьев. – Омск: Изд-во АНО ВПО «Омский экономический институт», 2008. – 100 с.

9. Опекунова М.Г. Диагностика техногенной трансформации ландшафтов на основе биоиндикации: автореф. дис. ... докт. геогр. наук / М.Г. Опекунова. – Санкт-Петербург, 2013. – 36 с.

10. Практикум по агрохимии : Учебное пособие / В. Г. Минеев [и др.]; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Фак. почвоведения ; Под ред. В.Г. Минаева . – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2001. – 687 с.

11. Прохорова Н.В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев, В.А. Павловский. – Самара: Изд-во Самарск. гос. ун-та, 1998. – 131 с.

12. Серегин И.В. Гистохимические методы изучения распределения кадмия и свинца в растениях / И.В. Серегин, В.Б. Иванов // Физиология растений – 1997. – Т. 44. – №6. – С. 915-921.

13. Содержание металлов в листьях деревьев в городе / Т.А. Парибок [и др.] // Ботанический журнал. – 1982. – Т. 67. № 11. – С. 1533-1539.

14. Соколов О.А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды / О.А. Соколов, В.А. Черников. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.

15. Шарифзянов Р.Б. Факториальная зависимость содержания тяжёлых металлов в древесных насаждениях на урбанизированной территории / Р.Б. Шарифзянов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Общая биология. – 2011. – № 2. – С. 161-164.

16. Экологический мониторинг загрязнения территории Васильевского острова г. Санкт-Петербурга с использованием тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) / М.Г. Опекунова [и др.] // Известия РГО. – 2011. – Т.143, вып. 2. – С. 31-44.

17. Эколого-геохимическая оценка состояния древесной растительности в г. Улан-Батор (Монголия) / Н.С. Касимов [и др.] // Аридные экосистемы. – 2011. – № 4. – С. 5-16.

18. Якушкина Э.И. Древесные растения и городская среда / Э.И. Якушкина // Древесные растения, рекомендуемые для озеленения Москвы. – Москва, 1990. – С. 5-14.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И НЕФТЕПРОДУКТЫ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Л.О. Середа

В настоящее время крупные промышленные центры по интенсивности и площади загрязнения представляют собой техногенные геохимические и биогеохимические провинции [1, 5, 9]. Почвы городов являются, с одной стороны, концентраторами соединений, поступающих от транспортных потоков, промышленности и коммунальных хозяйств, а, с другой стороны, выступают как мощные источники техногенных веществ, включающихся в региональные миграционные циклы [4, 11, 12]. Почвы являются важным фактором экологического и санитарного состояния городов, что обуславливает необходимость их систематики и инвентаризации, а также изучения особенностей их экологических функций.

Возрастающие площади нарушенных и техногенно трансформированных почв урбанизированных территорий – одна из актуальных проблем крупных городов РФ с развитой инфраструктурой, к числу которых относится город Воронеж. Весомый вклад в нарушение целостности распространения почвенного покрова и его структуры вносят площадные и точечные строительные работы, транспортные магистрали, промышленное производство и другие сферы антропогенного влияния. Наиболее распространёнными загрязняющими веществами городских почв являются тяжелые металлы и нефтепродукты.

Для оценки состояния почвенного покрова в течение 2014 - 2016 гг. нами были проведены специальные эколого-геохимические исследования на территории города Воронежа. Согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84 [2, 3] было отобрано 116 образцов из верхних горизонтов почв (10-15 см) в весенне-летний период 2014-2015 гг. по заранее выбранным пунктам мониторинга в разных функциональных зонах: 30 точек в жилой зоне (ЖЗ) (в том числе: 12 – центральной исторической части города (ЦИ), 8 – кварталах с современной многоэтажной застройкой (СП) и 10 – в частном секторе (ЧС) /преимущественно одноэтажная застройка/); 23 точки - в промышленной зоне (ПЗ); 21 точек - в зоне рекреации (Р); 23 точки – в транспортной зоне (ТЗ); а также 10 точек - в зоне перспективной застройки (Персп). В качестве фона были выбраны 7 точек на территории пгт. Рамонь, СНТ «Северный бор», Ботанического сада Воронежского

государственного университета (ВГУ) и санатория им. М.Горького с естественным ненарушенным почвенным профилем.

Нами были проведены специальные исследования образцов почв на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии и геоэкологии ВГУ совместно с кафедрой экологии и земельных ресурсов биолого-почвенного факультета ВГУ, а также в аккредитованной лаборатории Комплексных исследований Геологии ВГУ совместно с Центром Коллективного пользования ВГУ.

В работе применялись следующие методы анализа:

- для определения содержания тяжелых металлов в почвенном покрове использовали вольтамперометрический метод исследования (на анализаторе ТА-4 согласно ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.48-06);
- для определения химического состава проб – рентгенофлуоресцентный метод на спектрометре S8 Tiger, Bruker AXS GmbH, Германия (НСАМ Рентгеноспектральные методы. Методика №451-РС. Отраслевая методика III категории точности (Почвы, донные осадки, горные породы);
- для определения нефтепродуктов - метод хлороформ-гексановой экстракции (ПНД Ф 16.1.41-04).

На территории города сформировались разнообразные типы почв, в том числе и испытывающие различный уровень техногенной нагрузки. По гранулометрическому составу они также неоднородны – от песков и супесей (преимущественно на левом берегу) до тяжелых суглинков (особенно в правобережной возвышенной части города).

В почвенном покрове города Воронежа преобладают урбанозёмы (преобразованные почвы в результате хозяйственной деятельности человека). Они образуют крупные ареалы в промышленной, транспортной зонах города. Для правобережной части города с высоким уровнем техногенной нагрузки характерны урбанозёмы плакоров и пологих склонов суглинистые. Среди них распространены следующие виды: а) индустриозёмы – почвы промышленно – коммунальных зон (территории заводов ОАО «Электросигнал», ОАО «Завод по выпуску тяжелых механических прессов» и др.); б) культурозёмы – почвы лесопарковых зон города (Кольцовский сквер, парк «Орлёнок» и др.); в) экранозёмы – запечатанные дорожными покрытиями (интенсивные по грузопотокам улицы города: Московский проспект, ул. Плехановская, проспект Труда, Кольцовская и др.) /рис. 1/; г) интрузёмы (территории заправочных станций и автомобильных стоянок); д) реплантозёмы – почвы селитебных территорий.

Небольшая часть площади города занята почвами слабо затронутыми хозяйственной деятельностью человека (преимущественно под городскими лесами и лесопарковыми зонами в черте города).

Фоновыми компонентами почвенного покрова правобережной и левобережной частей города являются черноземы выщелоченные, серые лесостепные и дерново-лесные почвы, различающиеся по своему генезису, строению, составу и свойствам. В их число входят естественные ненарушенные почвы городских лесов и пригородных зон, парков, садов (Ботанический сад ВГУ).



а) экраноземы



б) культуросемы

Рис.1. Почвенный покров города

Тяжелые металлы в почвенном покрове

Для выяснения индикационной роли тяжелых металлов в загрязнении городской среды нами проводился мониторинг валовых концентраций и подвижных форм свинца, кадмия, меди, цинка в поверхностном слое городских почв. Опасность высокого загрязнения транспортных зон города Воронежа свинцом и кадмием (по подвижным формам) ранее уже была отмечена Н.Н. Назаренко с соавт. [6].

Результаты наших аналитических исследований представлены на рисунке 2.

Основным приоритетным загрязнителем почв г. Воронежа является свинец. Повышенное загрязнение свинцом воздушного бассейна и почв обычно связано с автотранспортной нагрузкой, постепенно нара-

тающей в современных городах. Причем ионы свинца малоподвижны даже при низких значениях рН, что усиливает загрязнение свинцом поверхностных горизонтов почвы обычно до глубины 10-15 см [7].

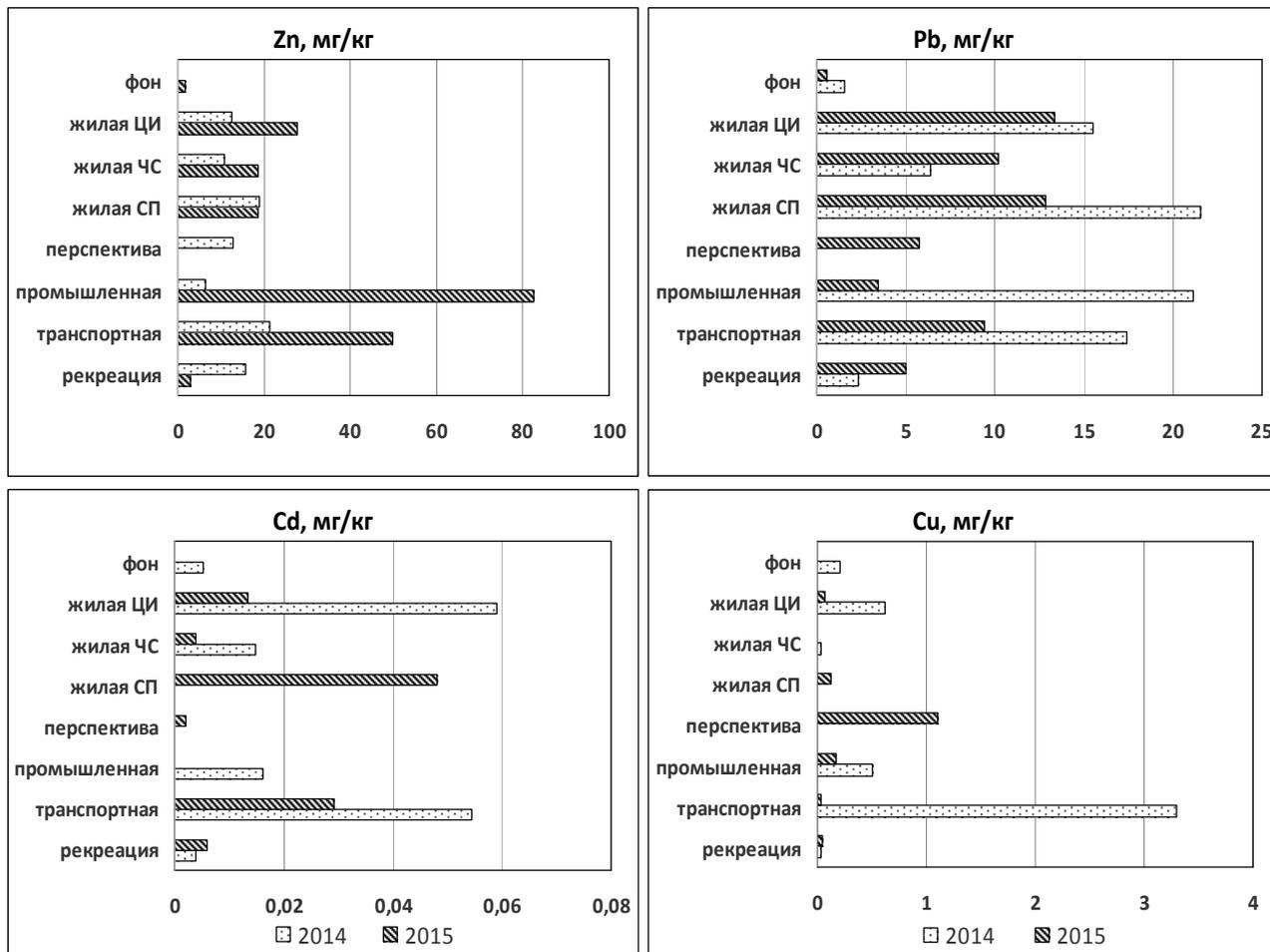


Рис.2. Загрязнение тяжелыми металлами различных функциональных зон города

Нами отмечены повышенные концентрации свинца (до 2-4 ПДК) на транспортных перекрестках и вдоль крупных автодорог города – перекрёсте Московского пр-та и ул. Хользунова, ул. Грамши, ул. 9-е Января – ул. Антонова-Овсеенко, ул. Плехановской, ул. Кольцовской и др. В жилой зоне и зоне рекреации высоких концентраций свинца не было отмечено.

Другим опасным загрязняющим веществом в городе является кадмий. Накопление кадмия в гумусе протекает в значительно меньшей степени, чем накопление свинца. В ходе нашей работы высоких концентраций кадмия обнаружено не было. В промышленных и транспортных зонах содержание кадмия было в 3-4 раза выше, чем в зонах рекреации и селитебной, но превышений ПДК не отмечалось.

Таблица 1

Группировка результатов анализа проб в 2014 году на
содержание тяжелых металлов в почвенном покрове
городского округа город Воронеж

Интервал содержания	Частота n_i	Частость $W_i, \%$	Интервал содержания	Частота n_i	Частость $W_i, \%$
Zn (подвижная форма)			Pb (подвижная форма)		
до 87,2	66	88,0	до 18,6	62	82,7
87,2-174,4	5	6,7	18,6-37,2	1	1,3
174,4-261,6	1	1,3	37,2-55,8	6	8,0
261,6-348,8	2	2,7	55,8-74,4	3	4,0
348,8-436	-	-	74,4-93,0	-	-
436-523,2	-	-	93,0-111,6	2	2,7
523,2-610,4	1	1,3	111,6-130,2	1	1,3
Cd (подвижная форма)			Cu (подвижная форма)		
до 0,1	72	96,0	до 9,2	74	98,7
0,1-0,2	1	1,3	9,2-18,4	-	
0,2-0,3		0,0	18,4-27,6	-	
0,3-0,4	1	1,3	27,6-36,8		
0,4-0,5		-	36,8-46		-
0,5-0,6		0,0	46,0-55,2		0,0
0,6-0,7	1	1,3	55,2-64,4	1	1,3
Mn (подвижная форма)					
до 306,3	51	68,0	1225,2-1531,5	1	1,3
306,3-612,6	15	20,0	1531,5-1837,8	1	1,3
612,6-918,9	5	6,7	1837,8-2144,1	1	1,3
918,9-1225,2	1	1,3			

Анализируя загрязнение почвы города Воронежа медью, обнаружены участки с превышением ПДК: точка 42 - ул. Ворошилова, точка 30 – в зоне влияния Воронежского механического завода (филиал ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»), точка 14 - ул. Б.Хмельницкого, точка 35 – в зоне влияния ОАО ХК «Мебель Черноземья» и Воронежского вагоноремонтного завода (филиал АО "Вагонремаш") и точка 15 - ул. Куйбышева – ул. Панфилова – в транспортной зоне города, что свидетельствует о том, что данные промышленные объекты могут быть источником загрязнения городской среды медью. Также стоит отметить, что высокие концентрации меди, близкие к величине ПДК, наблюдаются в зонах интенсивной транспортной нагрузки города (ул. Димитрова - ул. Волгоградская, Московский проспект - ул. Хользунова и др.).

Таблица 2

Группировка результатов анализа проб в 2015 году на содержание тяжелых металлов в почвенном покрове городского округа город Воронеж

Интервал содержания	Частота n_i	Частость W_i , %	Интервал содержания	Частота n_i	Частость W_i , %
Zn (подвижная форма)			Pb (подвижная форма)		
до 12,8		28	до 9,3	31	75,6
12,8-25,6		4	9,3-18,6	5	12,2
25,6-38,4		4	18,6-27,9	2	4,9
38,4-51,2		2	27,9-37,2	1	2,4
51,2-64,0	-	2	37,2-46,5	1	2,4
64,0-76,8	-	1	46,5-55,8	1	2,4
Cd (подвижная форма)			Cu (подвижная форма)		
до 0,017		36	до 1,89	40	97,6
0,017-0,034			1,89-3,78		0,0
0,034-0,051		1	3,78-5,67		0,0
0,051-0,069		1	5,67-7,56		0,0
0,069-0,086		1	7,56-9,45		0,0
0,086-0,103		2	9,45-11,34	1	2,4
Mn (подвижная форма)					
до 316,9	25	61,0	950,7-1267,6	3	7,3
316,9-633,8	8	19,5	1267,6-1584,5	1	2,4
633,8-950,7	3	7,3	1584,5-1901,4	1	2,4

К сравнительно подвижным элементам в почве также относят цинк. В ряде участков города наблюдается значительное превышение ПДК содержания в почве цинка; в основном это транспортные участки города (ул. Брусилова – Ленинский проспект, Московский проспект) и промышленная зона (ул. Пирогова, 79, ул. Богдана Хмельницкого, 35, ул. Кривошеина, 11).

Основными источниками поступления цинка в окружающую среду являются ФГУП «Воронежский механический завод» и ОАО «Рудгормаш».

В ходе проведенных исследований нами было выявлено, что наибольший уровень загрязнения почвенного покрова валовым содержанием и подвижными формами тяжелых металлов установлен в промышленной и транспортной зонах города. Наименьшее загрязнение почвы тяжёлыми металлами отмечается преимущественно в рай-

онах, удалённых от промышленных объектов («спальных» микрорайонах) и крупных автодорог [10].

В таблице 1 и 2 показаны результаты группировки результатов анализа проб по данным исследований 2014-2015 года на содержание тяжелых металлов. В 2014 году было определено 7 интервалов и в 2015 году – 6 интервалов для 5 тяжелых металлов (Zn, Pb, Cu, Cd, Mn). Данные интервалы показывают концентрации тяжелых металлов и частоту их встречаемости среди проб. Этими значениями и величинами частот пользоваться намного проще и удобнее, чем всем объемом выборки. Так 88% от всех проб в 2014 году входят в интервал до 87,2 мг/кг, в 2015 году 28% проб попадают в интервал до 12,8 мг/кг.

Также нами была проведена интегральная оценка качества почвенного покрова с использованием суммарного показателя загрязнения (СПЗ), который рассчитывается по формуле :

$$СПЗ = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}$$

где n - число веществ; C_i – среднее значение концентрации i -го загрязняющего вещества в почве территории за год (или период), мг/кг; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в почве, мг/кг.

Данные по интегральной оценке показаны в таблице 3. Приоритетными загрязнителями, по которым проводили расчет, являлись цинк, свинец, кадмий и медь.

По исследованиям в 2014 году 1 пункт мониторинга – точка №15 (ул. Куйбышева – ул. Панфилова), находящийся в транспортной зоне города Воронежа, относился к категории «опасный уровень загрязнения» и представляет угрозу для городских жителей и биоты. Умеренно опасный уровень отмечен в ряде точек: № 14 (ул. Богдана Хмельницкого, 35), № 47 (ул. Саврасова – ул. Заслонова), №50 (ул. Волгоградская, 48), № 65 (ул. 9 Января, 180). Допустимые уровни загрязнения отмечены в остальных точках города, минимальный уровень суммарного загрязнения отмечен в рекреационных зонах города.

По исследованиям 2015 года для всех пунктов мониторинга свойственен допустимый уровень загрязнения – интегральный показатель не превышает 16 единиц.

Таблица 3

Суммарный показатель загрязнения почвенного покрова

№ про-бы	СПЗ	№ про-бы	СПЗ	№ про-бы	СПЗ	№ про-бы	СПЗ	№ про-бы	СПЗ
2014 год					2015 год				
1	9	26	1	51	0	1	8	83	2
2	1	27	0	52	6	2	0	84	12
3	1	28	1	53	1	5	0	85	0
4	1	29	14	54	1	11	1	86	6
5	0	30	2	55	0	17	0	87	4
6	9	31	1	56	0	19	1	88	1
7	1	32	1	57	3	26	1	89	0
8	0	33	0	58	2	27	5	90	1
9	1	34	1	59	0	35	3	91	1
10	3	35	2	60	1	36	1	92	8
11	0	36	1	61	0	37	1	93	1
12	1	37	0	62	3	38	2	94	1
13	1	38	1	63	7	39	3	95	0
14	22	39	1	64	7	42	1	96	2
15	45	40	14	65	25	45	5	102	0
16	2	41	13	66	0	59	0	103	0
17	0	42	2	67	16	62	4		
18	0	43	0	68	1	69	1		
19	0	44	3	69	10	76	0		
20	1	45	3	70	0	77	0		
21	3	46	7	71	0	78	0		
22	2	47	17	72	1	79	0		
23	7	48	0	73	0	80	0		
24	1	49	5	74	0	81	4		
25	1	50	31	75	1	82	0		

По результатам исследований в 2014 году повышение содержания тяжелых металлов в почвенном покрове происходит по мере увеличения антропогенной нагрузки в следующем ряду: рекреационная зона < жилая ЧС < жилая СП < жилая ЦИ < транспортная зона < промышленная зона.

По результатам исследований в 2015 год ряд сложился таким образом: промышленная зона < зона перспективной застройки < рекреационная зона < жилая ЧС < жилая ЦИ < транспортная зона < жилая СП.

Нефтепродукты в почвенном покрове

Анализ загрязнения почвенного покрова г. Воронежа нефтепродуктами показал, что наибольшие концентрации наблюдаются вблизи наиболее интенсивных по грузопотокам перекрестках города и в зонах повышенного промышленного влияния. Эта тенденция отмечается и в 2014 г., и в 2015 г. (рис. 3). Так, высокие концентрации нефтепродуктов в почве были обнаружены в районе ул. Димитрова (1916,7 мг/кг) - ул. Волгоградская (1673,3 мг/кг), Московский проспект - ул. Хользунова (1240,0 мг/кг). Ранее проведенные исследования подтверждают, что в почве транспортных зон г. Воронежа обнаружено превышение ОДК (300 мг/кг) по нефтепродуктам в 3 раза, особенно в левобережной части города (рис. 4) [6].

Наиболее низкие концентрации (менее 200 мг/кг) нефтепродуктов отмечены в зонах рекреации города: парке «Алые паруса» (166,7 мг/кг), парке «Дельфин» (170,0 мг/кг), ул. Дарвина (120,0 мг/кг) и др. Относительно чистые зоны, концентрация нефтепродуктов в которых составляет менее 400 мг/кг, располагаются в Коминтерновском жилом районе (ул. Генерала Лизюкова, 73а (136,7 мг/кг); ул. Шишкова, 53 (200,0 мг/кг), некоторых участках Центрального (ул. Ломоносова, 1 (13,3 мг/кг)) и Левобережного районов (ул. Черепанова, 18 (206,7 мг/кг), ул. Героев Стратосферы, 8 (223,3 мг/кг)), где отсутствует интенсивное движение автотранспорта [10].

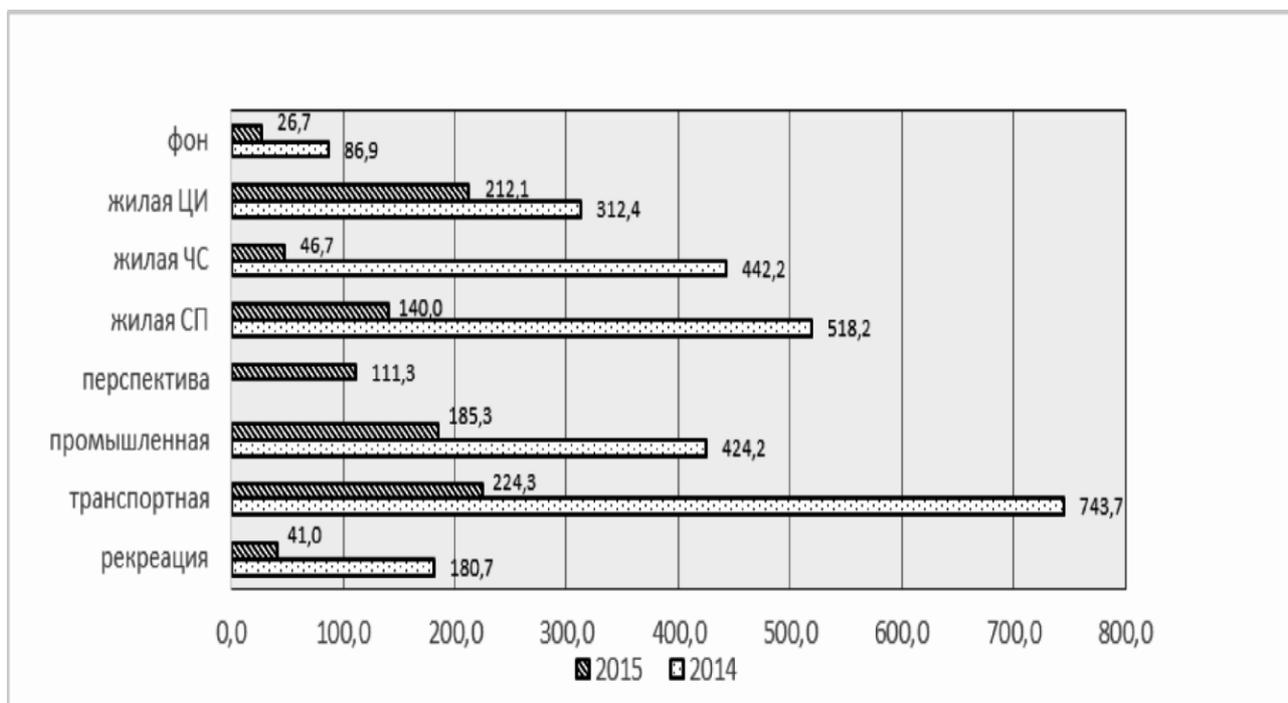


Рис. 3. Среднее содержание нефтепродуктов по функциональным зонам г. Воронежа в 2014-2015 гг.

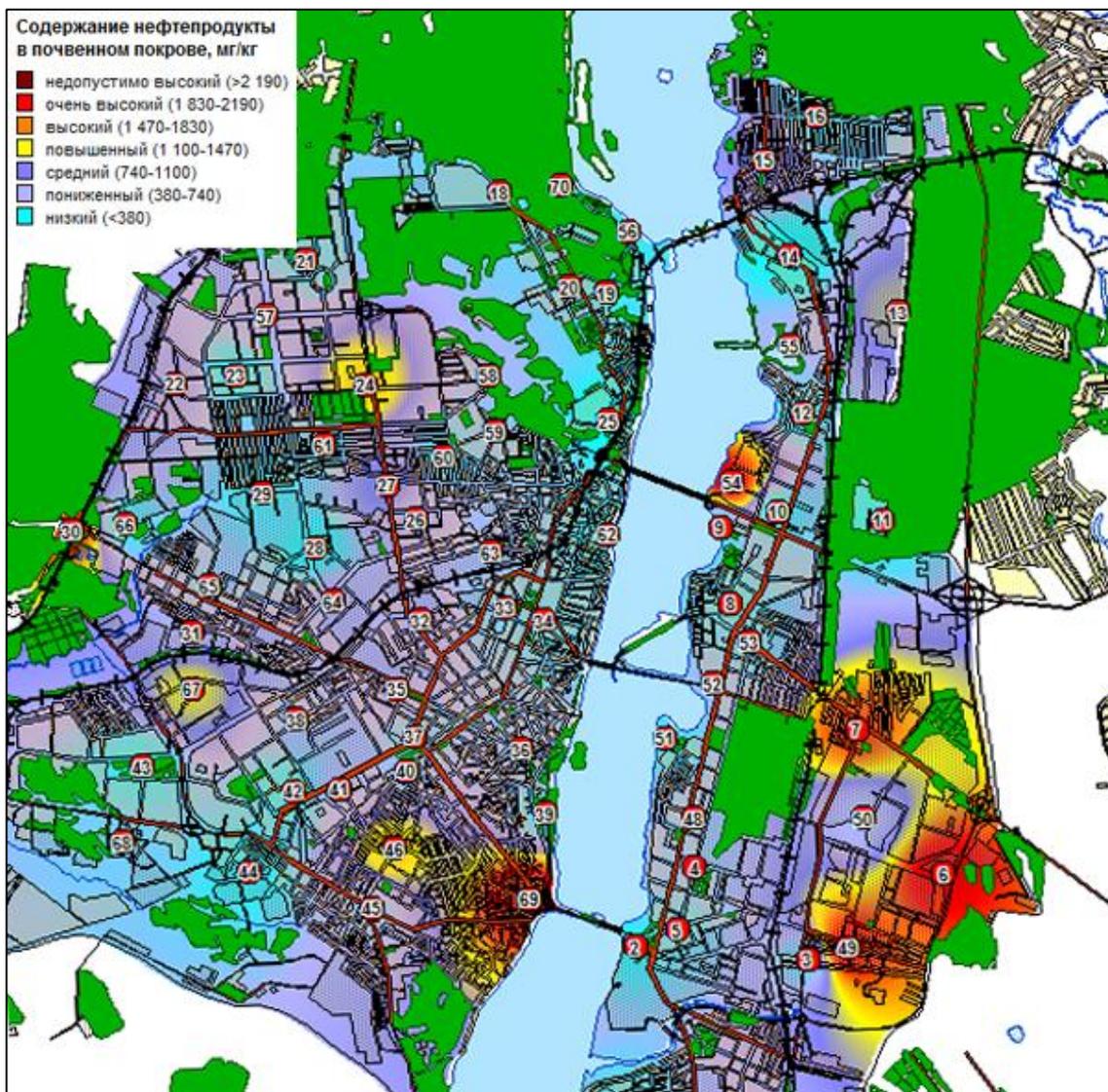


Рис. 4. Содержание нефтепродуктов в почвенном покрове г.Воронежа

Исследования, проведенные в 2015 г., подтвердили данные 2014 г. Наиболее низкие концентрации нефтепродуктов отмечены в зонах рекреации и жилых зонах города: ул. Дарвина, 1 (60,0 мг/кг), ул. Ростовская, 44 (40,67 мг/кг) и др. Наиболее высокие концентрации нефтепродуктов отмечаются в транспортных зонах города: ул. 20-летия Октября, 94 (560,0 мг/кг), ул. Матросова, 6 (329,33 мг/кг). В районах перспективной застройки содержание нефтепродуктов составило от 13,33 мг/кг до 360,0 мг/кг.

Нами подтверждено, что загрязнение почвы нефтепродуктами в целом прямо пропорционально транспортной загрузке автодорог, интенсивности и средней скорости движения автомобилей. Так, очаги наиболее активного загрязнения сформировались на примыкающих участках пересечений улиц Димитрова – Волгоградская, в

районе ВАИ, центрального автовокзала на Московском проспекте, что ранее отмечено на территории города [8].

Исследование химического состава почвенного покрова

Исследование химического состава почвенных образцов было проведено в 2016 году с применением рентгенофлуоресцентного метода анализа.

Данные на исследование тяжелых металлов по почвенным образцам, отобраным в 2014 году, показаны в таблице 4.

Наиболее высокое % содержание Zn было обнаружено в почвенных образцах № 50 - 0,215% (ул. Волгоградская, 48), №65 - 0,126 % (ул. 9 Января, 180), № 48 - 0,14% (ул. Ленинградская, 98а). Данный анализ подтвердил результаты исследования на тяжелые металлы вольтамперометрическим методом. Высокие концентрации цинка были отмечены в транспортной и промышленной зонах города.

Таблица 4

Химический состав почвенного покрова /образцы 2014 года/

Элемент	Функциональные зоны						
	Р	фон	ТЗ	ПЗ	ЖЗ СП	ЖЗ ЧС	ЖЗ ЦИ
V (%)	0,00350	0,00550	0,00836	0,00640	0,00216	0,00598	0,00446
Cr (%)	0,01280	0,02680	0,03774	0,04804	0,07667	0,02292	0,15149
Ni (%)	0,00656	0,01433	0,01447	0,01644	0,00695	0,01081	0,00811
Cu (%)	0,00940	0,01067	0,01264	0,01539	0,00988	0,01887	0,00888
Zn (%)	0,02616	0,02050	0,03712	0,06279	0,05003	0,09179	0,02826
Ga (%)	0,00061	0,01000	0,00088	0,00104	0,00061	0,00083	0,00101
Rb (%)	0,01068	0,01740	0,01301	0,01015	0,00732	0,01300	0,00925
Sr (%)	0,01596	0,02350	0,02694	0,02066	0,02052	0,02337	0,02040
Zr (%)	0,05923	0,10000	0,07905	0,05418	0,05343	0,05962	0,04099
Nb (%)	0,02258	0,06200	0,01795	0,02952	0,00160	0,03601	0,02775
Ba (%)	0,07811	0,08960	0,08565	0,08193	0,06700	0,10615	0,09170
La (%)	0,01443	0,03900	0,01615	0,02949	0,00188	0,00316	0,01982
Pb (%)	0,00419	0,00367	0,00596	0,00780	0,00854	0,01119	0,00668
As (%)	0,00500	0,00450	0,00567	0,00399	0,00394	0,00000	0,00465

Повышенное содержание Ni было отмечено в пунктах мониторинга, находящихся в промышленной зоне города: № 29 - 0,077% (Ясный проезд, 13), № 30 - 0,054 % (ул. 9 Января – ул. Антонова-Овсеенко), №38 – 0,09% (ул. Пирогова, 79).

По результатам исследования почвенных образцов 2015 года высокая концентрация цинка обнаружена в пункте мониторинга №45:

0,128% (ул. Матросова, 6), меди - в пункте № 42: 0,023% (ул. Ворошилова, 30), никеля - также в пункте мониторинга №45: 0,015% (ул. Матросова, 6), хрома - в пункте №2: 0,036 % (ул. Лебедева, 2). Повышенные концентрации свинца отмечены в пунктах №42: 0,017% (ул. Ворошилова, 30) и №80 - 0,0115% (ул. Острогорская, 148 /аэродром/). Полученные результаты в целом согласуются с ранее проведенными исследованиями с применением вольтамперометрического метода в 2015 году.

Таблица 5

Химический состав почвенного покрова /образцы 2015 года/

Функциональные зоны	V (%)	Cr (%)	Ni (%)	Cu (%)	Zn (%)	Ga (%)	Rb (%)
Р	0,00640	0,00318	0,00321	0,00510	0,02815	0,00092	0,00795
фон	0,00800	0,00000	0,00300	0,00400	0,00800	0,00100	0,00900
ТЗ	0,00773	0,00670	0,00534	0,00567	0,03278	0,00132	0,00941
ПЗ	0,00226	0,00982	0,00201	0,00323	0,01331	0,00040	0,00416
Персп	0,00637	0,00491	0,00425	0,00646	0,01455	0,00119	0,00778
ЖЗ СП	0,00818	0,00118	0,00260	0,00671	0,02960	0,00113	0,01001
ЖЗ ЧС	0,00607	0,00640	0,00669	0,00781	0,01581	0,00101	0,00764
ЖЗ ЦИ	0,00582	0,01342	0,00664	0,01008	0,02615	0,00099	0,01152
ФЗ	Sr (%)	Zr (%)	Nb (%)	Ba (%)	La (%)	Pb (%)	As (%)
Р	0,01078	0,03530	0,00191	0,07597	0,00338	0,00387	0,00300
фон	0,01100	0,04100	0,00200	0,08600	0,00400	0,00200	0,00500
ТЗ	0,01262	0,04263	0,00197	0,08726	0,00373	0,00404	0,00450
ПЗ	0,00655	0,02225	0,00132	0,05109	0,00192	0,00278	0,00000
Персп	0,01114	0,03677	0,00189	0,06925	0,00330	0,00449	0,00421
ЖЗ СП	0,01252	0,03802	0,00189	0,06942	0,00349	0,00698	0,00503
ЖЗ ЧС	0,01034	0,02966	0,00188	0,07050	0,00337	0,00658	0,00000
ЖЗ ЦИ	0,02153	0,04625	0,00159	0,08202	0,00354	0,00652	0,00300

Проведенные исследования позволяют сделать следующие основные выводы.

1. В почвенном покрове города преобладают урбанозёмы, которые составляют крупные ареалы в большинстве его районов. Наименьшая доля от общей площади города приходится на почвы, слабо затронутые хозяйственной деятельностью человека, которые располагаются преимущественно в лесопарковых зонах.

2. Почвенный покров города Воронежа подвергается техногенному загрязнению тяжёлыми металлами. В отдельных пунктах мониторинга загрязнение переходит в разряд среднего (умеренно опасного) и опасного. Загрязнение почвы – полиметалльное.

3. Наименьший уровень загрязнения почвенного покрова тяжёлыми металлами установлен в жилых районах города, удаленных от промышленных объектов и крупных автодорог.

4. Отмечены определенные тенденции изменения содержания некоторых тяжелых металлов в почвах города. Так, накопление цинка происходит в почвах с щелочной реакцией почвенной среды и низким содержанием гумуса (ул. Саврасова – ул. Заслонова, Московский пр-т - ул. Хользунова и др.). Наиболее низкие концентрации свинца отмечаются в слабокислых почвах в рекреационных зонах (Парк «Алые паруса», СОК «Олимпик»), а более высокие концентрации – в щелочных почвах (ул. Димитрова - ул. Волгоградская, ул. Ильюшина, 12б и др.).

5. Очень высокий уровень загрязнения нефтепродуктами наблюдается в большинстве зон воздействия промышленных объектов и крупных автотранспортных магистралей, а также в зоне современной многоэтажной застройки. Зачастую это связано с дефицитом парковочных мест в районах города и использованием дворов жилых многоэтажных домов в качестве автомобильных стоянок. Высокий уровень загрязнения в транспортных зонах обусловлен малоэффективной дорожно-транспортной сетью города (отсутствием дублирующих автомобильных дорог, транспортных развязок), прогрессирующим нарастанием количества автотранспортных средств, и, как следствие, – увеличением количества заторов и «пробок» на дороге.

В настоящее время в г. Воронеже не отмечается опасных геохимических аномалий, однако, учитывая кумулятивный эффект и высокую потенциальную опасность загрязнения городской среды нефтепродуктами и тяжёлыми металлами, для предотвращения формирования очагов высокого химического загрязнения целесообразно в дальнейшем расширить систему пунктов почвенно-геохимического мониторинга с равномерным охватом всей территории города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возбуцкая А.Е. Химия почвы / А.Е. Возбуцкая. – М. : Высшая школа, 1968. – 428 с.
2. ГОСТ 17.4.3.01 – 83. Охрана природы: почвы. Общие требования к отбору проб; введ. 01.07.84. – М.: Изд-во Стандартов, 1984. – 29 с.

3. ГОСТ 17.4.4.02-84. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа – Введ. 1984-12-19. – М.: Госстандарт, 1984. – 20 с.
4. Ильин В.Б. Относительные показатели загрязнения в системе почва-растение / В.Б. Ильин, М.Д. Степанова // Почвоведение. – 1979. – № 11. – С. 61-67
5. Касимов Н.С. Эколого-геохимические оценки состояния городов // Экогеохимия городских ландшафтов. – М: Изд-во МГУ, 1995. – С. 20-37.
6. Назаренко Н.Н. Биоиндикация почвы транспортных зон г. Воронежа / Н.Н. Назаренко, И.И. Корецкая, И.Д. Свистова // Вестник Воронежского гос. университета. Серия: География. Геоэкология. – 2015. – №1. – С.46-50.
7. Почва, город, экология / Под общ. ред. Г.В. Добровольского. – М. : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
8. Серeda Л.О. Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова городского округа город Воронеж / Л.О. Серeda, Л.А. Яблонских, С.А. Куролап // Вестник Воронежского гос. университета. Серия: География. Геоэкология. – 2015. – № 4. – С. 59-65.
9. Строганова М.Н. Городские почвы как особая группа почв / М.Н. Строганова, Т.В. Прокофьева // Тез. Докл. 3 съезда Докучаевского общества почвоведов (11-15 июля 2000 г., Суздаль): Книга 3. – М., 2000. – С. 101.
10. Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды : сб. науч. статей / Под общ. ред. С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж, 2014. – 167 с.
11. Burghardt W. Bodenfysikalische Merkmale der urban-industriellilber for niter Boden in Oberhausen-Brticktorviertel. Mitt. Dtsch. Bodenkundl / W. Burghardt, S. Ohlemann. – 1993. – Ges. 72: 855-858.
12. Effect of Attendant Anions on the Adsorption of Zinc, Copper, and Lead by Chernozems [Text] / [Minkina T. M. et al.] // Eurasian Soil Science. – 2009. – Vol. 42. – № 5. – P. 516-522.

ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДА ВОРОНЕЖА МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Л.О. Серeda, С.А. Куролап

Почвенный покров современных крупных городов является депонирующей средой высокого техногенного загрязнения, связанного с интенсивным промышленно-транспортным воздействием. Характерными загрязнителями почв городов обычно являются нефтепродукты и тяжелые металлы, обладающие высокой степенью токсичности и представляющие угрозу для населения, городской биоты [1]. При этом самоочищение почвенного покрова происходит достаточно медленно, а токсические вещества аккумулируются в почве длительное время, поглощаются растениями и передаются по трофическим цепям.

В этой связи оценка токсичности почвенного покрова является актуальным направлением исследований в системе городского экологического мониторинга как надежный метод экодиагностики состояния городской среды. Эффективным подходом для определения степени токсичности является использование методов биотестирования [2].

Биотесты, как правило, обладают высокой чувствительностью, улавливают более низкие концентрации веществ, чем аналитические датчики, а по информативности для оценки последствий вредного воздействия на окружающую среду часто превосходят физико-химические методы анализа. Преимуществом биометодов является то, что биотестирование дает информацию о неблагополучии в опережающем режиме, до проявления видимых изменений в экосистемах при относительно слабых антропогенных нагрузках. В тест-реакции суммируется действие всех биологически вредных факторов, включая физическое и химическое воздействие [6].

Материал и методы исследования

В качестве базового города для оценки токсического загрязнения почвенного покрова выбран Воронеж – крупнейший промышленный центр Черноземья с населением более 1 млн. человек. Для оценки состояния почвенного покрова территории города нами отобраны 116 образцов почвы из верхних горизонтов почвенного покрова (10-15 см) в весенне-летний периоды 2014-2015 гг. по заранее выбранным пунктам мониторинга в разных функциональных зонах: жилой (жилой), промышленной, транспортной, рекреационной.

При этом нами учтены особенности архитектурно-планировочной структуры селитебной застройки, имеющие следующий характер: преимущественно современная многоэтажная застройка от 9-ти и более высокой этажности («СП»), преимущественно малоэтажная расчлененная застройка «частного сектора» («ЧС»), смешанная разноэтажная застройка центральной исторической части города («ЦИ»). В 2015 г. дополнительно исследована территория резервной, но перспективной жилой застройки в границах городской черты («Перспектива»). Пункты отбора образцов почвы выбраны с учетом относительно равномерного охвата всей территории города.

В качестве фона были определены 7 пунктов наблюдений на территории Рамонского района к северу от города Воронежа, Ботанического сада Воронежского государственного университета и санатория им. Горького, расположенных на территориях ландшафтно-рекреационного назначения с естественным ненарушенным почвенным профилем.

Отбор проб почвы и подготовка их к лабораторному анализу осуществлялись в соответствии с нормативными документами: ГОСТ 17.4.3.01 – 83. Охрана природы: почвы. Общие требования к отбору проб (1984) и ГОСТ 17.4.4.02-84. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа (1984) [3, 4].

Для оценки степени загрязнения почвенного покрова применяли следующие растения-индикаторы: кресс-салат (*Lepidium sativum*) и овес посевной (*Avena sativa*). Биологические тесты на прорастание семян успешно применяются для установления воздействия различных физиологически активных веществ. В качестве биотестов использовали однодольное и двудольное растения, по которым следили за морфологическими изменениями качественных показателей под влиянием загрязнения: энергии прорастания, всхожести семян, длины главного корня, длины проростка, общей биомассы.

Уровень фитотоксического эффекта определяли по формуле [1]:

$$\text{ФЭ (\%)} = \frac{B1 - B2}{B1} \times 100$$

где: ФЭ – фитотоксический эффект, %; B1 – всхожесть семян в контроле (фоне); B2 – всхожесть семян в опытном образце.

Уровень фитотоксичности почвы (ФЭ) оценивали по шкале с показателями:

1) экологически чистая почва, если разница с контролем не превышает 10%;

2) слабая фитотоксичность, если разница с контролем составляет 10- 30%;

3) средняя фитотоксичность почвы, если всхожесть снижается на 30-50%;

4) высокая степень фитотоксичности почвы, если всхожесть снижается более чем на 50% (ГОСТ ИСО 22030-2009, 2010).

Для определения уровня токсического загрязнения почвенного покрова города (относительной токсичности) дополнительно проведены исследования с помощью тест-объекта зеленой протококковой водросли Хлорелла (*Chlorella vulgaris*), ПНД Ф 14.1:2:4.10-04, 16.1:2:3:3.7-04.

Методика определения относительной токсичности основана на регистрации различий в оптической плотности тест-культуры, выращенной на среде, которая не содержит токсических веществ (контроль), и тестируемых проб водных вытяжек из почвенных образцов. Измерение оптической плотности позволяет оперативно контролировать изменение численности клеток в контрольном и опытном вариантах. Критерием относительной токсичности является снижение на 20% и более (подавление роста) или увеличение на 30% и более (стимуляция роста) значения оптической плотности тест-культуры, выращиваемой в течение 22 часов на тестируемой среде по сравнению с контролем, приготовленным на дистиллированной воде.

Для анализа пространственной вариабельности показателей токсического загрязнения почв применяли геоинформационное картографирование в среде MapInfo с применением метода IDW-интерполяции.

Результаты и их обсуждение

Исследования загрязненности почвы с помощью растений-индикаторов в 2014 г. на проростках кресс-салата (*Lepidium sativum*) и овса посевного (*Avena sativa*) показали, что почвенный покров в промышленной и транспортных зонах города подвержен сильному загрязнению, что подтверждается высоким уровнем фитотоксичности. Определение фитотоксичности почвы в жилой зоне показало, что она находится на уровне 40%, что свидетельствует о среднем (умеренном) уровне загрязнения.

Для образцов почвы, отобранных в зонах рекреации и фоновых участках, характерны высокая всхожесть и хорошее развитие проростков овса и кресс-салата. Видимо, почвенный покров в этих зонах не подвержен существенному загрязнению. Напротив, в образцах почв из промышленной и транспортной зон города отмечалось сокращение

длины корневой системы. Проростки растений на этих образцах почвы были тонкие и короткие.

Загрязнение нефтепродуктами и тяжелыми металлами способствует резкому снижению таких качественных показателей тест-объектов как всхожесть, рост и развитие (табл. 1).

Таблица 1

Изменение морфологических показателей биотестов в разных функциональных зонах города /2014 год/

Функциональные зоны	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина главного корня, см	Длина проростка, см	Биомасса, г
Овес посевной (<i>Avena sativa</i>)					
Фон	100	100,0	8,2	12,0	0,85
Рекреационная	14,29	82,14	7,4	10,8	0,77
Транспортная	22,35	55,29	6,3	8,2	0,27
Промышленная	10,00	51,67	6,1	9,1	0,26
Жилая /СП/*	23,33	56,67	6,0	10,3	0,50
Жилая /ЧС/*	4,29	61,43	8,0	10,3	0,52
Жилая /ЦИ/*	4,29	57,78	6,71	8,1	0,40
Кресс – салат (<i>Lepidium sativum</i>)					
Фон	100	100,0	7,7	8,0	0,10
Рекреационная	33,57	85,71	6,4	8,1	0,10
Транспортная	47,06	77,65	3,5	5,9	0,06
Промышленная	48,89	73,89	3,4	5,4	0,05
Жилая /СП/*	38,33	78,33	4,0	6,5	0,06
Жилая /ЧС/*	50,00	71,43	4,9	6,0	0,04
Жилая /ЦИ/*	34,29	82,86	4,6	6,7	0,06

*СП - современная многоэтажная застройка, ЧС - частный сектор, ЦИ - смешанная разноэтажная застройка центральной исторической части города.

По результатам исследований в 2014 г. овес посевной (*Avena sativa*) оказался более чувствительным к техногенному загрязнению; напротив, кресс-салат (*Lepidium sativum*) является более выносливым видом, т.к. отмечается хорошая всхожесть семян и небольшие деформации в процессе развития [5].

Результаты картографирования уровней фитотоксического эффекта почвенного покрова на основе анализа морфологических изменений проростков овса посевного и кресс-салата показаны на рисунках 1 и 2.

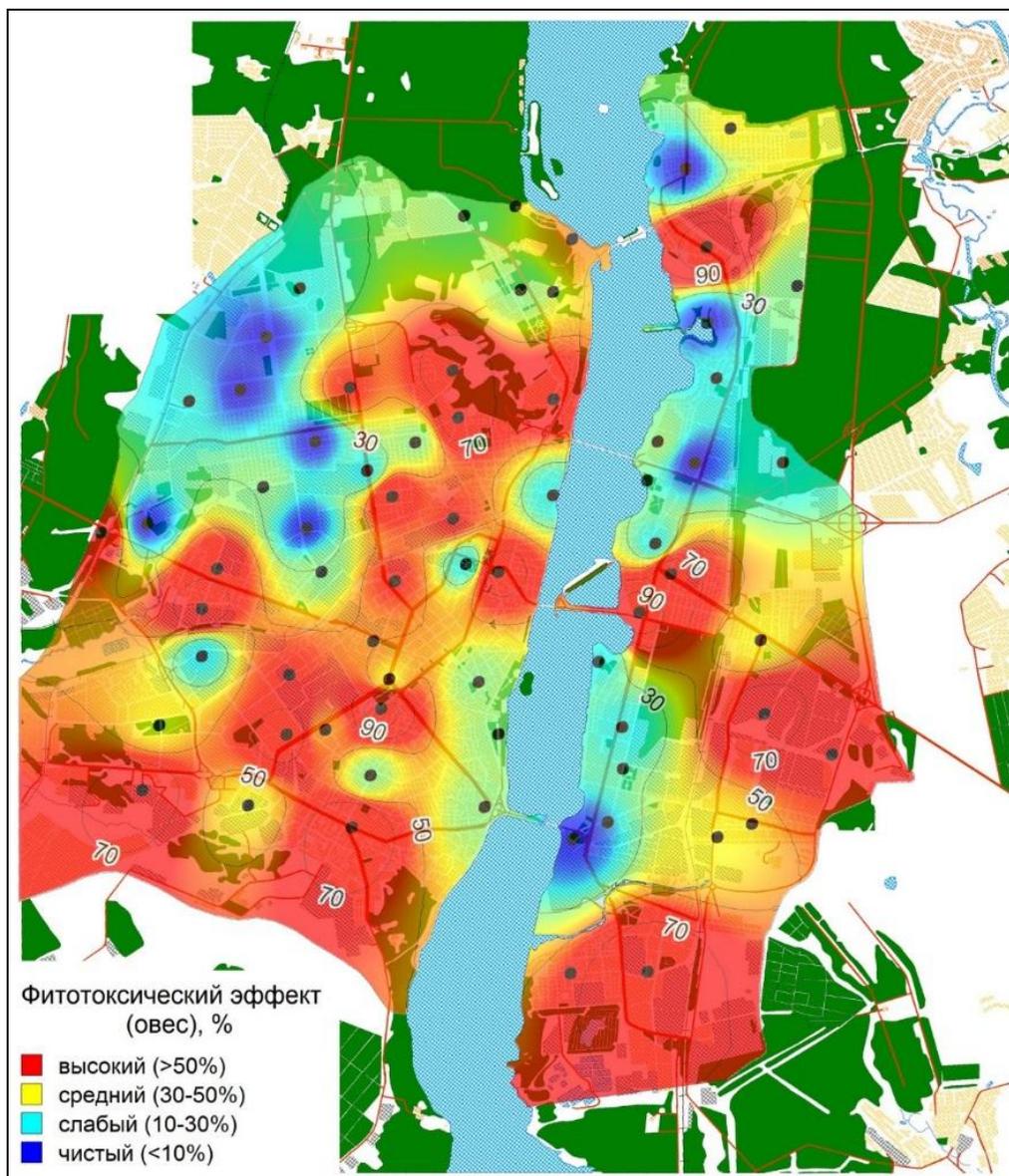


Рис. 1. Фитотоксический эффект тест-растения *Avena sativa*

Анализ загрязненности почвы с помощью биотеста в 2015 г. на проростках кресс-салата (*Lepidium sativum*) и овса посевного (*Avena sativa*) показал, что сохранилась тенденция, отмеченная по результатам исследований в 2014 г.: наибольшее загрязнение испытывают почвы, расположенные в транспортной зоне города (рис. 3, 4).

Кроме того, повышенный уровень фитотоксического эффекта отмечался в зонах жилой современной многоэтажной застройки. По-видимому, это обусловлено дефицитом мест для парковки автомобилей и использованием внутридворовых участков жилой зоны в качестве автомобильных стоянок, что приводит к загрязнению почвенного покрова нефтепродуктами и тяжелыми металлами от выбросов автотранспорта в микрорайонах повышенной этажности.

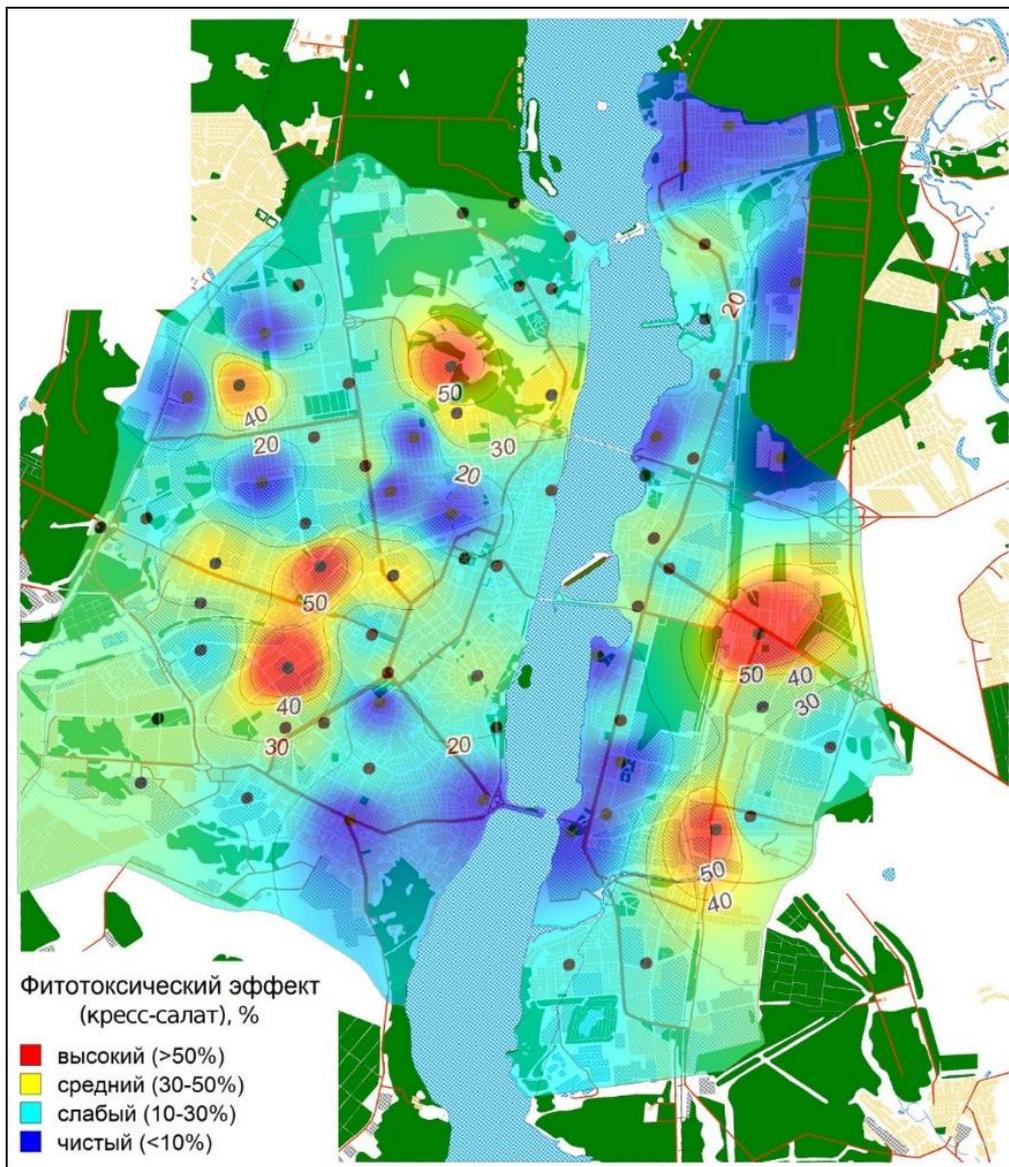


Рис. 2. Фитотоксический эффект тест-растения *Lepidium sativum*

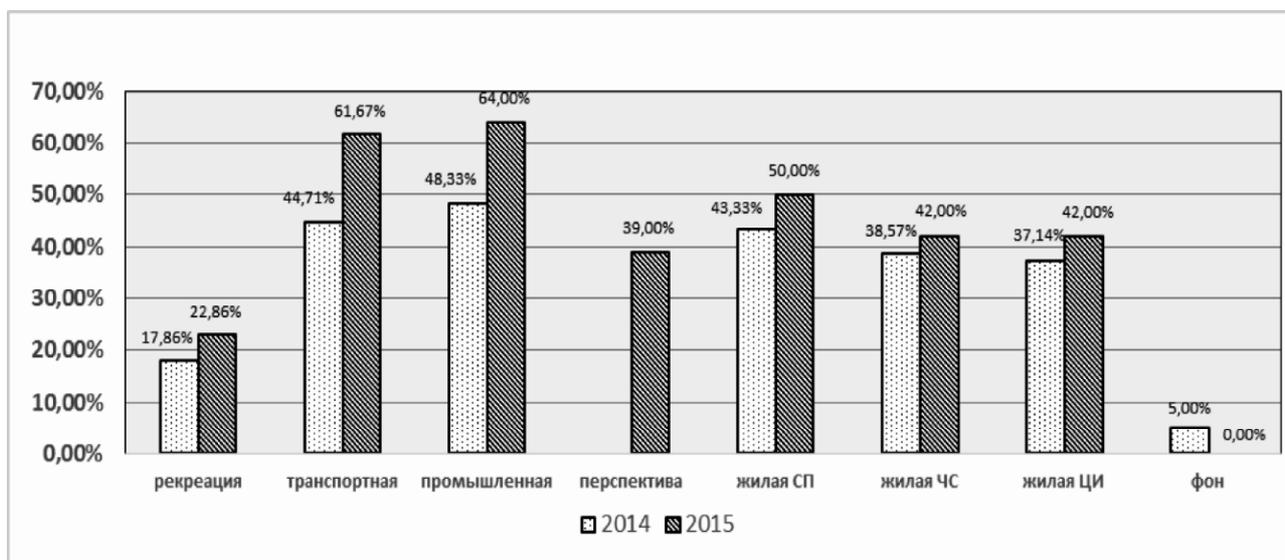


Рис. 3. Фитотоксический эффект тест-растения *Avena sativa*

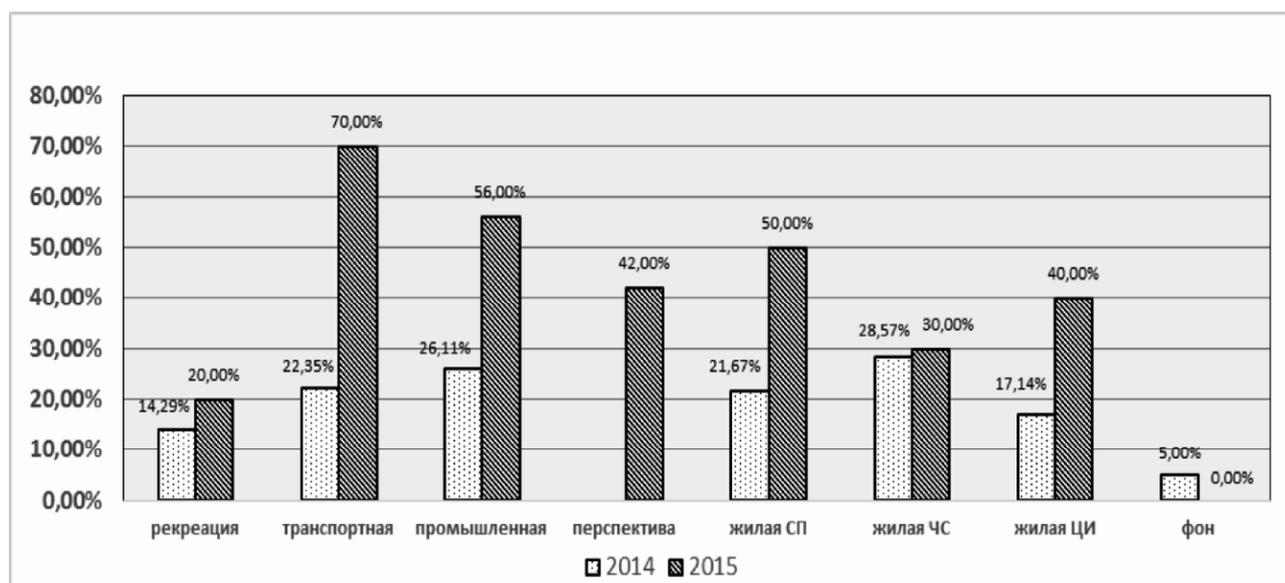


Рис. 4. Фитотоксический эффект тест-растения *Lepidium sativum*

Слабое загрязнение почвенного покрова отмечается по результатам исследования в зоне рекреации города. В зоне перспективной застройки отмечается средний уровень загрязнения почвенного покрова. Оценка уровня ФЭ в 2015 году показала, что фитотоксичность почв в транспортной зоне очень высокая и составляет около 70-80 %, а в некоторых точках достигает 100%. Сравнивая уровень ФЭ почвы в разных районах города, мы видим (см. рис.1, 2), что в зависимости от антропогенной нагрузки ФЭ городских почв изменяется в широком диапазоне: от 10-20% в парковой зоне до 50-60% в центре города и до 70-80% в промышленных зонах.

В 2015 г. наиболее чувствительным тест-растением к загрязняющим почву веществам также оказался овес посевной (*Avena sativa*).

Энергия прорастания в образцах, отобранных в транспортной зоне города, снижена в 3-4 раза по сравнению с образцами, отобранными в зоне рекреации. Отмечено, что с увеличением техногенной нагрузки ухудшаются показатели роста и развития тест-растений. Происходит снижение темпа развития, уменьшается длина корневой системы. Корневая система проростков, выращенных на почве, отобранной в транспортной и промышленной зоне, развита более слабо, чем у проростков, выращенных на образцах почвы, взятых в других районах города. Длина корневой системы уменьшилась, а проростки здесь более тонкие и короткие. Так, длина главного корня в образцах из промышленной и транспортной зон города меньше в 2 раза по сравнению с фоном (табл.2).

Также нами была отмечена следующая тенденция: для почвенных образцов, отобранных в транспортных зонах города, характерна высокая энергия прорастания (на 3-4 день), что может быть связано с повышенным содержанием тяжелых металлов, таких как медь и марганец, стимулирующих рост растений, но в дальнейшем негативно влияющих на их рост и развитие.

Таблица 2

Изменение морфологических показателей биотестов в разных функциональных зонах города /2015 г./

ФЗ	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина главного корня, см	Длина проростка, см	Биомасса, г
Овес посевной (<i>Avena sativa</i>)					
Фон	100	100	13,0	15,0	1,17
Рекреационная	32,22	77,14	9,3	10,6	0,65
Транспортная	8,33	38,33	5,7	10,5	0,36
Промышленная	14,00	36,00	5,8	7,8	0,21
Жилая /СП/*	29,00	61,00	7,4	10,5	0,50
Жилая /ЧС/*	35,00	50,00	7,5	11,0	0,62
Жилая /ЦИ/*	34,00	58,00	9,0	10,8	0,51
Фон	16,00	58,00	7,0	9,8	0,43
Кресс – салат (<i>Lepidium sativum</i>)					
Фон	100,00	100,00	6,0	7,0	0,21
Рекреационная	40,00	80,00	4,6	5,6	0,08
Транспортная	6,67	30,00	2,2	3,5	0,03
Промышленная	10,00	44,00	3,6	3,8	0,04
Жилая /СП/*	30,00	58,00	3,3	4,5	0,05
Жилая /ЧС/*	20,00	50,00	3,0	4,5	0,04
Жилая /ЦИ/*	38,00	70,00	3,6	5,6	0,06
Фон	26,00	60,00	3,6	4,8	0,07

*См. примечание к табл. 1.

Результаты исследования относительной токсичности с помощью тест-объекта водоросли Хлореллы (*Chlorella vulgaris*) в 2014 и 2015 гг. показали, что для почвенных образцов, отобранных в промышленной зоне, характерно в основном превышение критерия токсичности относительно нормы, что составляет в среднем 30-50% (рис. 5). Это стимулирует рост тест-культуры. В ряде пунктов мониторинга в промышленной зоне, напротив, отмечается подавление роста тест-культуры. В образцах, отобранных в транспортной зоне, отмечается в

основном подавление роста тест-объекта, что свидетельствует о высоком загрязнении в этой зоне. В то же время в 2015 г. в образцах, отобранных в зонах перспективной застройки и жилой современной многоэтажной постройки, отмечается стимуляция роста тест-культуры (увеличение на 36-37%).

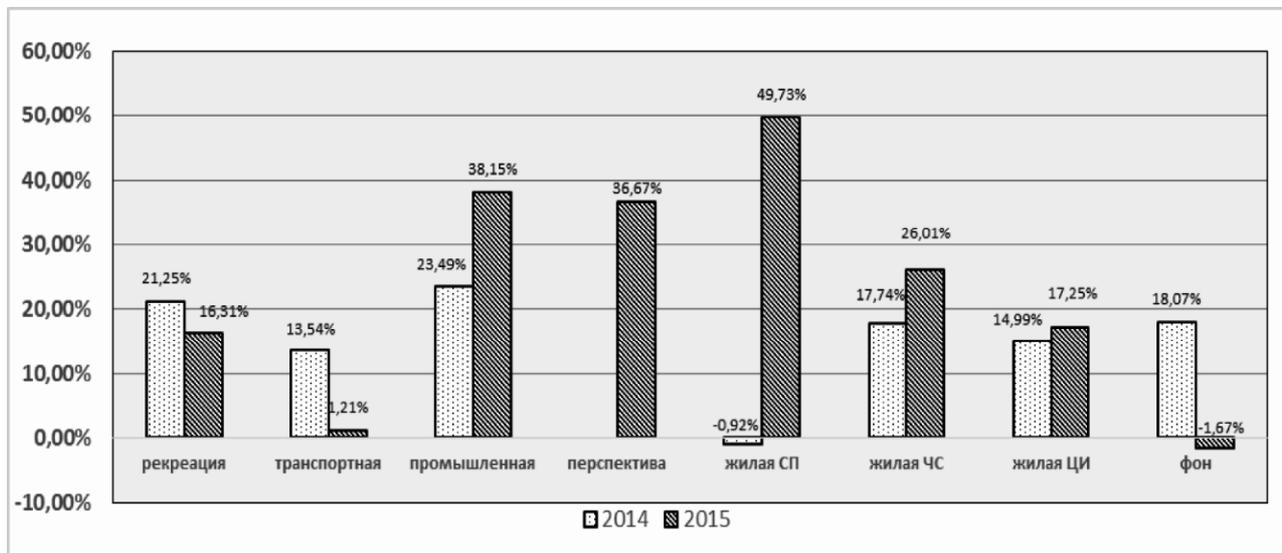


Рис. 5. Уровень относительной токсичности на тест-культуре *Chlorella vulgaris*

В остальных функциональных зонах нами не отмечено высокого уровня относительной токсичности.

Проведенные в течение 2-лет мониторинговые исследования с применением методов биотестирования позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Данные, полученные в результате применения методов биотестирования, в целом согласуются с данными по загрязнению почвенного покрова города тяжелыми металлами и нефтепродуктами [5], что подтверждает точку зрения о высокой информативности показателя фитотоксичности для оценки уровня техногенной нагрузки на городскую среду. Метод позволяет выявить токсичное действие загрязняющих веществ или стимулирующее влияние, активизирующее развитие тест-культур.

2. Среди исследуемых тест-культур в качестве растений-индикаторов /овес посевной (*Avena sativa*) и кресс-салат (*Lepidium sativum*)/ наиболее чувствительной к антропогенному загрязнению тест-культурой является овес посевной. Стрессовая реакция растений овса близка к прямо пропорциональной по отношению к степени воздействия: чем больше загрязнена среда, тем всхожесть меньше. Ранняя диагностика степени загрязнения почв, использующая в качестве

тест-системы проростки овса посевного, может успешно применяться для оперативной оценки влияния нефтепродуктов, тяжелых металлов и других загрязняющих веществ на активность прорастания и развития тест-растений. Повышение фитотоксичности тест-растения овса посевного происходит по мере увеличения антропогенной нагрузки в следующей последовательности:

рекреационная зона < жилая ЦИ < жилая ЧС < жилая СП < транспортная зона < промышленная зона.

Территория промышленной зоны отличается наибольшим уровнем неблагоприятного техногенного воздействия.

3. Анализ показателей относительной токсичности по данным анализа тест-культуры Хлорелла (*Chlorella vulgaris*) показал, что повышение токсичности происходит по мере увеличения автотранспортного воздействия в следующей последовательности: *жилая СП < жилая ЦИ < жилая ЧС < рекреационная зона < промышленная зона < транспортная зона.* Территория транспортной зоны отличается наибольшим уровнем неблагоприятного техногенного воздействия.

Таким образом, промышленная и транспортная зоны города Воронежа являются территориями повышенного экологического риска (техногенного загрязнения), а биотестирование почв является одним из эффективных методов мониторинга и экологической диагностики состояния городской среды обитания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологический контроль окружающей среды (биоиндикация и биотестирование) / Под ред. О.П. Мелиховой и Е.И. Егоровой. – М.: Академия, 2007. – 288 с.
2. Блинова З.П. Биотестирование почвенного покрова городских территорий с использованием проростков *Raphanus Sativus* / З.П. Блинова // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2014. – №1. – С. 18-23.
3. ГОСТ 17.4.3.01 – 83. Охрана природы: почвы. Общие требования к отбору проб; введ. 01.07.84. – М.: Изд-во Стандартов, 1984. – 29 с.
4. ГОСТ 17.4.4.02 – 84. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа – Введ. 1984-12-19. – М.: Госстандарт, 1984. – 20 с.
5. Серeda Л.О. Экологическая оценка почвенного покрова методами биоиндикации и биотестирования / Л.О. Серeda, М.А. Клевцова // Научное обозрение. – 2015. – №20. – С. 81-85.
6. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы / В.А. Терехова // Почвоведение. – 2011. - №2. – С. 190-198.

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГОРОДСКОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ШУМА

Н.Ю. Самодурова, Н.П. Мамчик, О.В. Клепиков

Возрастающее негативное воздействие физических факторов среды обитания на состояние здоровья населения отмечено в ряде региональных исследований, посвященных интегральной оценке качества окружающей среды промышленного города [4, 6, 7]. К числу приоритетных из них, действующих на территориях жилой застройки, особенно в крупных городах относится шум, связанный, в первую очередь, с ростом использования всех видов транспорта [1, 2]. Исследованиями отечественных учёных было установлено, что при воздействии ночного шума в уровнях от 40 до 55 дБА резко увеличиваются вредные эффекты здоровью, при уровне шума более 55 дБА - высока вероятность заболеваний сердечно-сосудистой системы, а при уровне 80 дБА развивается стойкое торможение в коре головного мозга [3].

Особенностью автотранспортного шума является большой захват пространства при распространении, а также длительное воздействие на протяжении суток. Шум, являясь общебиологическим раздражителем, может влиять на все органы и системы, однако изменения в динамике корковой деятельности головного мозга и вегетативной реакции наступают гораздо раньше, чем стойкое снижение остроты слуха; в этой связи можно говорить о неспецифическом воздействии шума на организм человека.

Целью работы являлась оценка риска здоровью населения от воздействия автотранспортного шума на территориях жилой застройки промышленно развитого города для обоснования шумозащитных мероприятий.

Материал и методы исследования

Анализ данных по характеристике акустического фактора включал оценку результатов 5042 измерений уровней шума (эквивалентного $L_{A_{эжв}}$ и максимального $L_{A_{макс}}$ уровней звука) за 2012-2016 гг., проведенных силами Испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» с использованием прибора SVAN947 – анализатор шума и вибрации.

Измерения уровней шума, обусловленного движением автомобильного транспорта, выполнены на территории жилой застройки на основных автомагистралях в четырех мониторинговых точках города Воронежа: 1) Московский проспект, 114, Коминтерновский район; 2)

ул. Космонавтов, 60, Советский район; 3) ул. Кольцовская, 52, Ленинский район; 4) ул. 60 Армии, 27, Коминтерновский район (рис. 1).



○ - контрольные точки измерения уровня шума

Рис. 1. Расположение контрольных точек измерения уровня автотранспортного шума в г. Воронеже

Исследования проводились в дневное, вечернее и ночное время.

Автотранспортный шум оценивался в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», МУК 4.3.2194-07 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях. Методические указания»

(утв. Роспотребнадзором 05.04.2007). ПДУ для дневного шума на территории жилой застройки составляют $L_{\text{АЭКВ}} = 55 \text{ дБ(А)}$, $L_{\text{АМАКС}} = 70 \text{ дБ(А)}$.

Оценка потенциального акустического риска для здоровья населения, проживающего в зоне влияния уличных автомагистралей, в связи с действием шумового фактора выполнена в соответствии с методическими рекомендациями А.В. Киселева и К.В. Фридмана («Оценка риска здоровью», Санкт-Петербург, 1997) по эмпирической модели воздействия данного фактора, основанной как на экспериментальных данных, так и на медицинской статистике [5]. Оценка потенциального акустического риска для здоровья проведена по 3-м направлениям: а) оценка риска развития неспецифических эффектов; б) расчет вероятности предъявления населением жалоб; в) расчет риска развития специфических эффектов (тугоухости). Величины потенциального риска оценивались в долях единицы по 5-уровневой шкале (риск: приемлемый, вызывающий опасение, опасный, чрезвычайно опасный, катастрофический).

Результаты и их обсуждение

Анализ шумового фактора в мониторинговых точках в дневное, вечернее и ночное время показал, что наибольшее значение эквивалентного уровня звука составило 81 дБА в дневное время суток в мониторинговой точке «Московский проспект, 114». Максимальный уровень звука также зарегистрирован в этой же мониторинговой точке (94 дБА), что отражено в таблице 1.

Таблица 1

Эквивалентные и максимальные уровни звука на территории жилой застройки в зоне действия уличных автомагистралей

Мониторинговая точка	Значение	Эквивалентный уровень звука, дБА			Максимальный уровень звука, дБА		
		дневное	вечернее	ночное	дневное	вечернее	ночное
Московский пр-т, 114	мин.-макс.	48 - 81	46 - 59	38 - 74	46 - 94	55 - 65	32 - 87
	ср. знач.	67,3	50,7	47,9	77,6	60,5	59,1
ул. Космонавтов, 60	мин.-макс.	56 - 76	46 - 60	46 - 53	69-84	57 - 69	55 - 65
	ср. знач.	69,0	54,0	48,4	77,8	64,1	60,3
ул. Кольцовская, 52	мин.-макс.	60 - 75	48 - 59	46 - 56	72 - 86	56 - 67	54 - 67
	ср. знач.	68,4	51,7	49,0	78,3	61,2	58,6
ул. 60 Армии, 27	мин.-макс.	35 - 79	34 - 77	34 - 58	55 - 89	34 - 87	34 - 77
	ср. знач.	69,2	60,7	43,6	81,1	71,1	57,0

Установлено, что средние арифметические значения эквивалентного уровня звука в дневное время превышают ПДУ для территории жилой застройки (55 дБА) во всех 4-х мониторинговых точках (рис. 2).

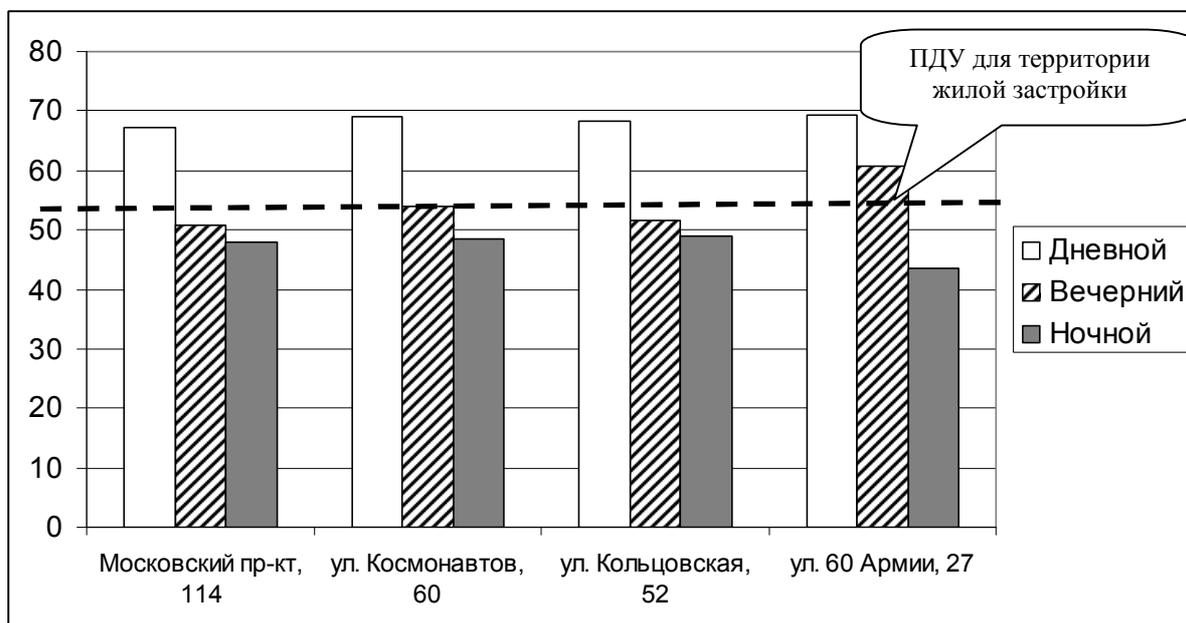


Рис. 2. Эквивалентный уровень звука на территории жилой застройки в зонах воздействия автомагистралей, дБА

Средние арифметические значения максимального уровня звука в дневное время также превышают ПДУ для территории жилой застройки (70 дБА) во всех 4-х мониторинговых точках (рис. 3).

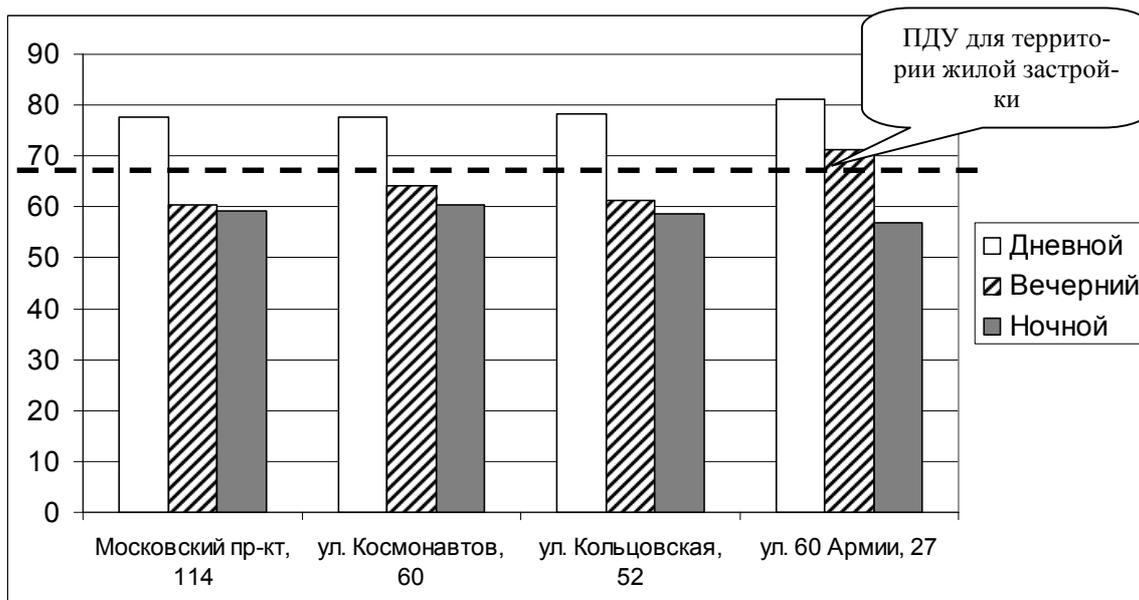


Рис. 3. Максимальный уровень звука на территории жилой застройки в зонах воздействия автомагистралей, дБА

Результаты инструментальных измерений уровня шума на уличных автомобильных магистралях на границе с жилой застройкой свидетельствуют не только о наличии превышений ПДУ, но и достоверном ежегодном увеличении доли результатов измерений, не отвечающих гигиеническим нормативам, от 19,7% в 2012 г. до 76,3% в 2016 г. с достаточно высоким коэффициентом аппроксимации ($R^2 = 0,89$), что иллюстрирует рисунок 4.

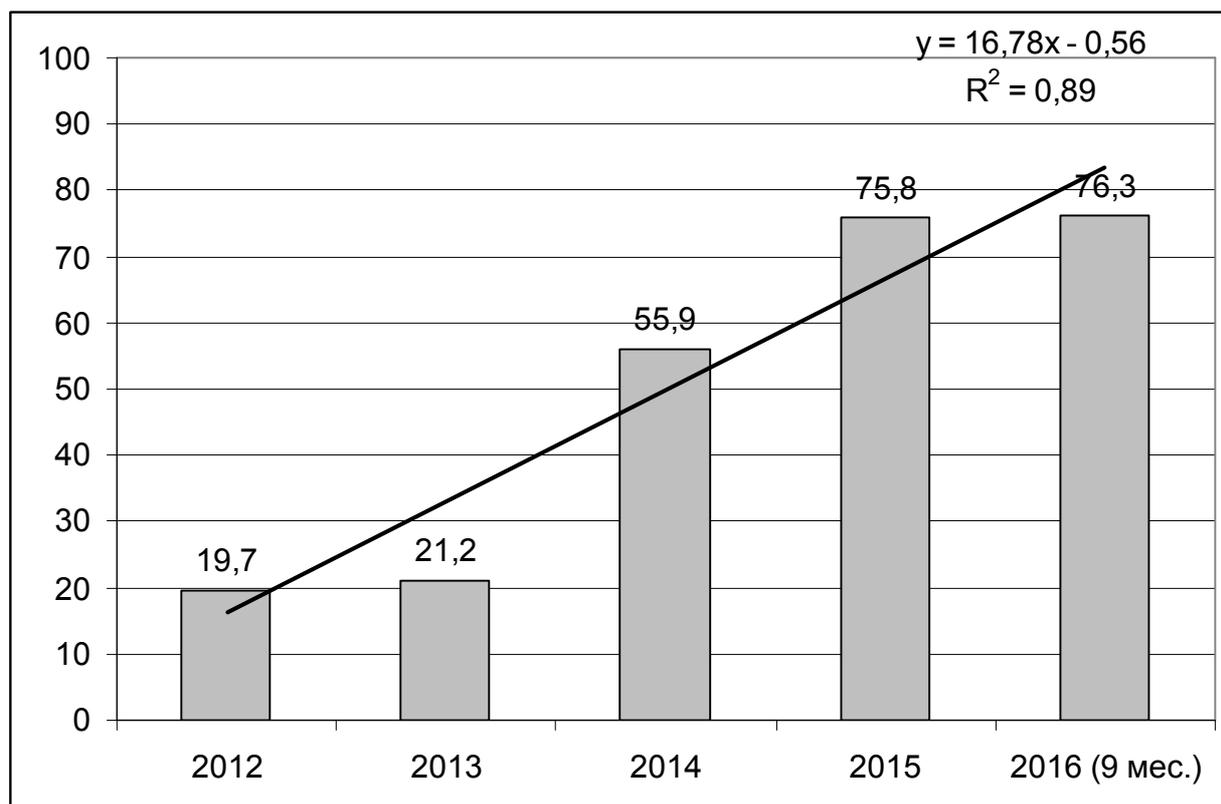


Рис. 4. Удельный вес результатов измерений шума с превышением ПДУ, %

Оценка риска здоровью населения от воздействия автотранспортного шума в жилой зоне, примыкающей к уличным автомагистралям, показала, что наибольшая вероятность при уровнях звука ($L_{A_{ЭКВ}}$ до 81 дБА) приходится на развитие неспецифических эффектов (до 0,98 ед.), что оценивается как катастрофический уровень. Вероятности предъявления населением жалоб и развития тугоухости (в долях единицы) составляют соответственно до 0,75 (чрезвычайно опасный уровень риска) и 0,17 (уровень риска, вызывающий опасение). Наиболее неблагоприятная ситуация отмечается в контрольной точке «Московский проспект, 114» (табл. 2).

Таблица 2

Оценка потенциального риска здоровью населения от воздействия
автотранспортного шума

Территория и показатель *)	Уро- вень шу- ма, дБ А	Вероятность эффекта в пробитах			Вероятность эффекта (риск) в долях единицы		
		разви- тия не- спе- цифи- ческих эффе- ктов	предъ- яв- ления жалоб наसेле- нием	разви- тия спе- ци- фичес- ких эф- фектов (туго- ухости)	разви- тия не- спе- цифи- ческих эффе- ктов	предъ- яв- ления жалоб наसेле- нием	разви- тия специ- фичес- ких эф- фектов (туго- ухости)
1	2	3	4	5	6	7	8
по показателю эквивалентного уровня звука $L_{AЭКВ}$							
Московский пр-кт, 114, $L_{AЭКВ}$. (мин.)	38	-1,31	-3,12	-4,00	0,00	0,00	0,00
Московский пр-кт, 114, $L_{AЭКВ}$. (макс.)	81	2,35	0,70	-0,97	0,98	0,75	0,17
Ул. Космонавтов, 60, $L_{AЭКВ}$. (мин.)	46	-0,63	-2,41	-3,44	0,27	0,02	0,00
Ул. Космонавтов, 60, $L_{AЭКВ}$. (макс.)	76	1,93	0,25	-1,33	0,98	0,60	0,09
Ул. Кольцовская, 52, $L_{AЭКВ}$. (мин.)	48	-0,46	-2,24	-3,30	0,33	0,02	0,00
Ул. Кольцовская, 52, $L_{AЭКВ}$. (макс.)	59	0,48	-1,26	-2,52	0,68	0,10	0,02
Ул. 60 Армии, 27, $L_{AЭКВ}$. (мин.)	34	-1,65	-3,48	-4,28	0,04	0,00	0,0
Ул. 60 Армии, 27, $L_{AЭКВ}$. (макс.)	79	2,18	0,52	-1,12	0,98	0,69	0,13
по показателю максимального уровня звука $L_{A макс.}$							
Московский пр-кт, 114, $L_{A макс.}$. (мин.)	32	-1,83	-3,66	-4,42	0,03	0,00	0,00
Московский пр-кт, 114, $L_{A макс.}$. (макс.)	94	3,46	1,85	-0,06	1,00	1,00	0,48
Ул. Космонавтов, 60, $L_{A макс.}$. (мин.)	55	0,14	-1,61	-2,81	1,00	0,05	0,01
Ул. Космонавтов, 60, $L_{A макс.}$. (макс.)	84	2,61	0,96	-0,76	1,00	0,83	0,23
Ул. Кольцовская, 52, $L_{A макс.}$. (мин.)	54	0,05	-1,70	-2,88	1,00	0,04	0,00
Ул. Кольцовская, 52, $L_{A макс.}$. (макс.)	86	2,78	1,14	-0,62	1,00	0,87	0,27

Продолжение Таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Ул. 60 Армии, 27, L _{Амакс.} (мин.)	34	-1,65	-3,48	-4,28	1,00	0,00	0,00
Ул. 60 Армии, 27, L _{Амакс.} (макс.)	89	3,04	1,41	-0,41	1,00	0,92	0,35
по показателю максимального уровня звука L _{Амакс.} с учетом поправки на время воздействия (1,5 часа в сутки)							
Московский пр-кт, 114, L _{Амакс.} (мин.)	32	-2,85	-4,73	-5,27	0,00	0,00	0,00
Московский пр-кт, 114, L _{Амакс.} (макс.)	94	2,44	0,78	-0,91	0,98	0,78	0,19
Ул. Космонавтов, 60, L _{Амаксв.} (мин.)	55	-0,89	-2,68	-3,65	0,19	0,01	0,00
Ул. Космонавтов, 60, L _{Амаксв.} (макс.)	84	1,58	-0,11	-1,61	0,95	0,46	0,05
Ул. Кольцовская, 52, L _{Амаксв.} (мин.)	54	-0,98	-2,77	-3,72	0,17	0,01	0,00
Ул. Кольцовская, 52, L _{Амакс.} (макс.)	86	1,75	0,07	-1,47	0,96	0,53	0,07
Ул. 60 Армии, 27, L _{Амакс.} (мин.)	34	-2,68	-4,55	-5,13	0,01	0,00	0,00
Ул. 60 Армии, 27, L _{Амакс.} (макс.)	89	2,01	0,34	-1,26	0,98	0,63	0,10

«мин.» - минимальный уровень, «макс.» – максимальный уровень на территории.

Оценка акустического риска здоровью при максимальном уровне шума (L_{Амакс.} до 94 дБА) показала, что вероятность развития неспецифических эффектов и предъявления жалоб населением достигает 1 ед. (катастрофический уровень), развития неспецифических эффектов – до 1 ед. (катастрофический уровень), специфических эффектов (тугоухости) – 0,48 ед. (опасный уровень риска).

Следует отметить, что результаты оценки акустического риска здоровью населения исходя из величин максимального уровня шума (L_{Амакс.}) переоценивают ситуацию в связи с неопределенностью, обусловленной временем экспозиции, поскольку такие уровни шума действуют непостоянно, а кратковременно в периоды максимальной автотранспортной нагрузки. При использовании поправки на время действия максимального уровня звука в течение суток, равное 1,5 часа (по методике Киселева А.В. и Фридман К.Б., 1997) [5], которая определяется по формуле $dL=10*\lg(24/T_{\phi})$, где T_φ - среднее время действия в течение суток (1,5 часа), установлено, что риск развития неспецифических эффектов при L_{Амакс.} от 32 до 94 дБА составит от 0 до 0,98 ед., вероятность предъявления населением жалоб – от 0 до 0,78

ед., риск развития специфической тугоухости – от 0 до 0,19 ед., т.е. максимальные значения рисков оцениваются от опасного до катастрофического уровня.

Обобщение данных по акустическому риску для здоровья населения, позволяет сделать заключение, что риск развития неспецифических эффектов резко возрастает, начиная с уровня шума $L_{Aэкв.}$ в 35–40 дБА, достигая максимальной величины (1,00) при уровне около 80 дБА; риск развития тугоухости резко возрастает с уровня 65–70 дБА, достигая максимальной величины (1,00) при уровне около 125 дБА (рис. 5).

Результаты оценки акустического риска здоровью населения согласуются с общепринятым представлением о том, что неспецифическое воздействие шума обычно проявляется раньше, чем изменения в органе слуха. Известно, что неспецифическое воздействие шума выражается в нарушениях нервно-психической сферы в форме невротического и астенических синдромов в сочетании с вегетативной дисфункцией, сопровождающихся раздражительностью, общей слабостью, головной болью, головокружением, повышенной утомляемостью, ослаблением памяти.

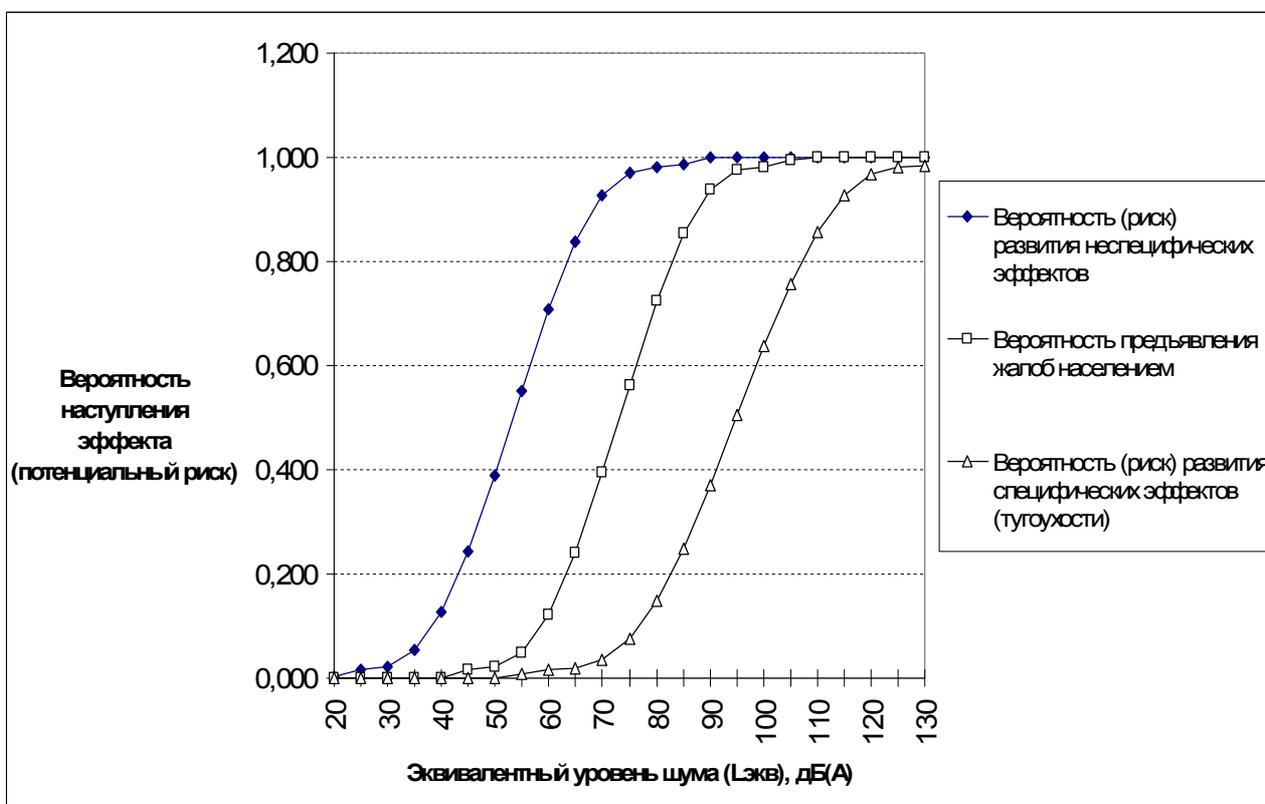


Рис. 5. Зависимость вероятности наступления эффектов (потенциального риска) от воздействия шумового фактора

Выводы

1. Потенциальный акустический риск для здоровья населения, обусловленный воздействием автотранспортного шума, при зарегистрированных уровнях звука $L_{A_{экв}}$ до 81 дБА характеризуется высокой вероятностью развития неспецифических эффектов (до 0,98 единиц) и оценивается как катастрофический уровень; вероятность предъявления населением жалоб и развития тугоухости составляют соответственно до 0,75 ед. (чрезвычайно опасный уровень риска) и 0,17 ед. (опасный уровень риска).

2. Риск развития неспецифических эффектов при максимальных уровнях звука $L_{A_{макс}}$ до 94 дБА в период наибольшей интенсивности движения автотранспортного потока составляет до 1,00 ед., вероятность предъявления населением жалоб – до 1,00 ед., риск развития специфической тугоухости – до 0,48 единиц.

Таким образом, для г. Воронежа необходимость улучшения шумового режима на уличных магистралях, связывающих административные районы города, а также являющихся городским продолжением основных автомобильных трасс российского и областного уровня, не вызывает сомнений.

В этой связи для г. Воронежа перспективно создание скоростных автомобильных дорог, предназначенных для связи между удаленными районами города. Причем, при проектировании общегородской системы скоростных автомобильных дорог снижение вредного воздействия магистралей на жилые районы и рекреационные территории должно достигается за счет их размещения в санитарно-защитных зонах, на нарушенных и неудобных землях, в зонах малоэтажной застройки (с установкой шумозащитных экранов), в полосах отвода железных дорог. Кроме того, необходимо запланировать применение такого эффективного приема как исключение внутригородского транспорта путем организации вокруг центральной зоны петлевой (кольцевой) и хордовых скоростных автомобильных дорог.

Важнейшей составной частью генерального плана городского округа город Воронеж должна быть «Схема организации и использования подземного пространства», предусматривающая вынос с поверхности земли основных видов транспортных сооружений, что позволит при решении других градостроительных проблем изолировать основные источники шума.

Такое мероприятие как введение функционально оправданного ограничения движения автомобильного транспорта на территории районов жилой застройки при реализации проекта строительства ско-

ростных магистралей, особенно в пределах межмагистральных территорий, и организация в них так называемых жилых зон, в пределах которых осуществляется движение автомобилей со скоростью не более 10 км/ч., также позволит снизить шумовую нагрузку в жилых микрорайонах.

Влияние зеленых насаждений на распространение транспортных шумов хотя незначительно и сезонно, но этот прием также необходимо принимать во внимание. Причем, усиление шумозащитных качеств зеленых насаждений в местах, где это возможно, необходимо достигнуть путем специальных многорядных посадок.

При формировании новой застройки перспективно применение вдоль магистралей жилых зданий специальных типов, выполняющих роль шумозащитных экранов. Такие дома, как правило, имеют значительную длину и могут защищать собой от шума целый микрорайон. При этом сами шумозащитные дома подвергаются большому шумовому воздействию и потому имеют специальную планировку квартир, в которых подсобные помещения, кухни и лестничные клетки (т.е. помещения, которые не предназначены для отдыха людей) обращены в сторону шумной магистрали. Другая особенность шумозащитных домов – увеличение до необходимой величины звукоизолирующей способности ограждающих конструкций, в первую очередь, оконных и дверных блоков. Дом такого типа называют еще шумозащищенным. В качестве шумозащищенных зданий - экранов используют жилые здания галерейного типа с отнесением всех жилых помещений в противоположную от транспортной магистрали сторону.

Такие дома ориентированы главным фасадом на уличную автомагистраль, являющуюся источником шума. Кроме того, для защиты от шума жилых комнат проектом предусмотрена установка остекленных лоджий.

Описанные архитектурно-планировочные приемы защиты населения от транспортного шума показывают возможности регулирования шумности городских территорий на всех стадиях проектирования населенных мест.

Выявленные проблемы необходимо решать в контексте общего развития города в комплексе с другими градостроительными проектными решениями. Естественно, что реализация таких масштабных задач требует не только грамотных с санитарно-гигиенических позиций решений, но и огромных организационно-

технических усилий, а также немалой финансовой поддержки. Необходима и адекватная законодательная база, которая бы стимулировала снижение вредного воздействия на население факторов физической природы, в том числе и автотранспортного шума, и пропагандировала приоритеты благоустройства города с позиции обеспечения комфортной, гигиенически безопасной городской среды обитания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева В.В. Автотранспортный шум в городах и его влияние на окружающую среду / В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2010. – № 3 (30). – С. 101-108.

2. Городков А.В. Оценка состояния экосреды рекреационных территорий крупного города по фактору шума / А.В. Городков, Н.А. Самохова, А.М. Атрощенко, Н.А. Булхов // Вестник Смоленской гос. медицинской академии. – 2016. – Т. 15. – № 3. – С. 109-114.

3. Губернский Ю.Д. Физические факторы городской жилой среды в эколого-гигиеническом аспекте / Ю.Д. Губернский // Гигиена и санитария. – 2009. – № 5. – С. 11-15.

4. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. – 232 с.

5. Киселев А.В. Оценка риска здоровью / А.В. Киселев, К.Б. Фридман. - СПб.: Межд. институт оценки риска здоровью, 1997. – 102 с.

6. Клепиков О.В. Интегральная эколого-гигиеническая оценка территории промышленного центра / О.В. Клепиков, С.А. Куролап, П.М. Виноградов // Санитарный врач. – 2016. – № 1. – С. 20-26.

7. Самодурова Н.Ю. Характеристика шумового воздействия на население города Воронежа / Н.Ю. Самодурова, А.М. Егорова // Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. – М., 2012. – Т.1. – С. 689-692.

Сведения об авторах

Виноградов Павел Михайлович – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Иванова Екатерина Юрьевна - кандидат биологических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Клевцова Марина Александровна - кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Клепиков Олег Владимирович – доктор биологических наук, профессор, заведующий отделением информационных технологий Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области, профессор кафедры инженерной экологии Воронежского государственного университета инженерных технологий.

Куропан Семен Александрович - доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета

Мамчик Николай Петрович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой эпидемиологии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко.

Маслова Марина Олеговна - аспирантка кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Прожорина Татьяна Ивановна - кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Самодурова Наталья Юрьевна – кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры эпидемиологии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко.

Середа Людмила Олеговна - аспирантка кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Якунин Александр Иванович – магистрант 2 курса направления «05.04.06 – Экология и природопользование» кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Якунина Надежда Ивановна - магистрантка 2 курса направления «05.04.06 – Экология и природопользование» кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Научное издание

**Экологическая оценка
состояния городской среды**

Сборник научных статей

*Общая редакция и компьютерная верстка
С.А. Куролана и О.В. Клетикова*

Подписано в печать 28.11.2016г.
Формат 60х84/16. Усл.печ.л. 9,5.
Бумага офсетная. Тираж 250 экз.
Заказ № 2137.

ООО Издательство «Научная книга»
394077, Россия, г. Воронеж, ул. 60-й Армии, 25-120

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Цифровая полиграфия»
394036, г. Воронеж, ул. Ф. Энгельса, д. 52
Тел.: (473) 261-03-61, e-mail: zakaz@print36.ru